



## 저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

지리학석사학위논문

한국 철강산업 기술지식 네트워크의  
형성과 역동성

2015년 2월

서울대학교 대학원

지리학과

박 소 현



# 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 형성과 역동성

지도교수 구 양 미

이 논문을 지리학석사 학위논문으로 제출함

2014년 10월

서울대학교 대학원

지리학과

박 소 현

박소현의 지리학석사학위논문을 인준함

2015년 1월

위 원 장

김 용 창



부 위 원 장

이 건 학



위 원

구 양 미







## 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 형성과 역동성

서울대학교 대학원 지리학과

박소현

본 연구는 한국 철강산업이 성숙한 기간산업이라는 세간의 인식과는 달리 급격한 변화를 경험하고 있으며 지속적이고 활발한 기술지식 활동이 이루어지고 있다는 사실에서 시작되었다. 한국 철강산업의 기술지식 네트워크의 형성을 산업의 구조적 측면과 기업 등 행위자 간 관계 안에서 고찰함으로써 기존 특정 지역 혹은 기업 중심의 분석에서 보기 힘들었던 부분을 분석하고자 했다. 1988년부터 2013년까지의 특허 공동 출원 자료를 기반으로 한국 철강산업의 기술지식 네트워크를 구축했고, 근접성(proximity) 개념을 바탕으로 네트워크 형성의 메커니즘을 분석했다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 한국 철강산업은 기술적 다양화 및 고도화, 조직적 통합화 및 유연화, 지리적 분산화 및 다중입지의 측면에서, 이전과는 다른 경향을 보인다. 철강산업은 2000년대 전후 일련의 제도 및 국내외적 산업 환경의 변화 등을 경험하면서 경쟁적인 시장 환경을 띠게 되었다. 이에 따라 기술적으로 자동차산업 및 비철산업 등으로 범위가 넓어졌으며 고강도·고기능 제품 개발에 대한 수요가 증대되었다. 조직적 측면에서는 포스코, 현대, 동국 등 기업집단을 중심으로 수직적 통합이 이루어졌다. 이와 더불어 유연화가 진행되면서 네트워크 형식의 관계를 통해 외부 자원을 활용하는 경영 기법의 사용이 증가했다. 지리적으로는 기존 포항의 중심성이 완화되면서 수도권 및 충청권으로 분산되는 경향을 보인다. 특히 철강산업 내 주요 행위자인 대기업들은 다양한 투자와 인수합병, 공장 폐쇄 등의 공간적으로 생산 설비를 조직화했으

며, 이로 인해 각 기업은 각 거점에 설비를 다중입지하는 양상을 보인다.

둘째, 커뮤니티 분석을 통해 한국 철강산업의 기술지식 네트워크는 산업 내 위계, 경쟁 관계, 제휴 관계 등을 반영하고 있음을 밝혔다. 초기에는 포스코가 전체 네트워크의 중심 행위자로 중개자의 중개자(broker of brokers) 지위를 점하는 구조였으나, 2004년 이후 네트워크 내 행위자가 다양해지면서 기술적, 지리적 저변이 확대되었다. 이와 동시에 각 커뮤니티의 중심행위자를 허브로 한 연계의 내부성이 강화되면서 강한 허브앤스포크 구조를 형성하게 되었다. 특히 대기업 및 연구원으로 이루어진 각 커뮤니티의 중심 행위자들이 커뮤니티 내부에서 배타적 연계를 형성하고, 동시에 타 커뮤니티와 중개 행위를 하는 방식으로 네트워크가 성장했다. 이러한 네트워크 연계 형성의 역동성에 산업 내 위계, 경쟁, 제휴 등 조직적 배치 논리가 내재해 있음을 고찰했다. 한편 예외적으로 비-영리조직과 중핵기업의 중개자 역할이 관찰되었는데, 특히 2004년 이후 일관제철업에 진출한 현대제철과 기존 제철 기술 역량을 보유한 포스코 간의 지식을 중개하는 데에 중핵기업이 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

셋째, 네트워크 추론통계 기법 중 하나인 LR-QAP 모형을 구축하여 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 형성에 행위자 간 기술적, 조직적, 지리적 근접성이 유의미한 영향력을 미침을 규명했다. 분석 결과, 전반적으로 기술적, 조직적, 지리적 근접성이 높을수록 상호 학습 및 기술 창출 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 나아가 각 차원의 근접성에 대한 역-U 관계 존재 여부를 검증한 결과, 기술적·지리적 차원에는 선형 관계가, 조직적 차원에는 물결 형태의 관계가 존재하는 것으로 나타났다. 즉, 본 분석은 선행연구에서 이론적, 실증적으로 제시했던 역-U 관계와는 다소 상이한 양상을 보인다. 대기업 및 연구원의 중심적 역할과 배타적 연계 형성이라는 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 특성으로 인해 나타난 결과로 판단된다. 이는 기존 혁신지리학에서 주로 다수의 중소기업 및 연구기관으로 구성된 첨단 산업을 다루었던 연구 결과와는 다소 상이한 결과로, 산업 내 위계성이 존재하는 대다수의 성숙산업 및 장치산업에서 본 연구와 유사한 특성을 보일 것으로 예상된다.

결론적으로 본 연구는 한국 철강산업의 기술지식 네트워크가 산업 전반

의 기술적·조직적·지리적 변화 안에서, 대기업을 중심으로 그들의 기술적 필요성과 지리적 용이함에 따라 폐쇄적으로 조직화되는 방식으로 형성되었음을 고찰했다. 이는 중심 행위자 및 기업집단의 주도성이 매우 크다는 산업 내 위계적 성격에 기인한 것이다. 동시에 이러한 네트워크에 내재된 비대칭적 권력과 폐쇄성에도 불구하고, 비영리조직과 중핵기업의 중개자 역할이 상호 학습 및 혁신에, 나아가 산업 발전에 중요한 역할을 하고 있다는 사실 또한 확인할 수 있었다.

본 연구는 학술적 측면에서 성숙산업을 다룸으로써 혁신 연구 내 논의의 다양화에 기여했으며, 분석의 경계를 네트워크 행위자 차원에서 결정함으로써 국가 스케일에서의 지리적 변화를 다루었다는 의의를 갖는다. 방법론적 측면에서는 기존 경제지리학 내 QAP 모형에서 네트워크 내생 변수를 추가했다는 한계를 조직적 근접성 변수의 구축을 통해 보완했다. 특히 기존 근접성 연구에서 충분히 다루지 못했던 조직적 근접성을 세분화하여 측정했으며, 이를 통해 역-U 관계 존재 여부를 실증적으로 검증했다.

주요어: 철강산업, 근접성, 조직 간 관계, 역-U 관계, 네트워크, 커뮤니티 분석, QAP

학 번: 2013-20111



## <목 차>

<b>제 I 장 서론</b> .....	<b>1</b>
제1절 연구 배경과 목적 .....	1
제2절 연구 대상 .....	3
1. 연구의 범위 .....	3
2. 연구의 방법 .....	4
제3절 논문의 구성 .....	8
 <b>제 II 장 문헌 연구 및 분석틀</b> .....	<b>10</b>
제1절 기술지식 네트워크와 근접성 연구 .....	10
1. 기술지식 네트워크 연구 .....	10
2. 근접성 연구 .....	13
제2절 네트워크 분석 방법론 .....	21
1. 네트워크 분석의 목적 및 범주 .....	21
2. 네트워크 분석 기법 .....	22
제3절 분석틀 .....	26
 <b>제 III 장 한국 철강산업 현황</b> .....	<b>28</b>
제1절 철강산업의 주요 특성 .....	28
1. 철강산업 개요 .....	28
2. 철강 제조공정 및 제품 .....	29
3. 철강산업의 특징 .....	34
제2절 한국 철강산업의 변화 .....	37
1. 기술적 다양화 및 고도화 .....	37
2. 조직적 통합화 및 유연화 .....	43
3. 지리적 분산화 및 다중입지 .....	48

제3절 소결 .....	53
<b>제Ⅳ장 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 형성 과정 .....</b>	<b>55</b>
제1절 특허 공동 출원과 기술지식 네트워크 .....	55
1. 특허 자료와 기술지식 네트워크 .....	55
2. 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 발전 양상 .....	56
제2절 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 특성 .....	60
1. 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 전역적 특성 .....	60
2. 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 국지적 특성 .....	68
제3절 소결 .....	78
<b>제Ⅴ장 한국 철강산업 행위자 간 근접성과 기술지식 네트워크 .....</b>	<b>82</b>
제1절 모형 구축 .....	82
1. 기술적 근접성 .....	84
2. 조직적 근접성 .....	85
3. 지리적 근접성 .....	91
4. 변수 기술통계 .....	92
제2절 분석 결과 .....	94
1. 상관관계 분석 .....	94
2. LR-QAP 모형 구축 결과 .....	95
제3절 소결 .....	99
<b>제Ⅵ장 결론 .....</b>	<b>103</b>
<b>참고 문헌 .....</b>	<b>107</b>
<b>&lt;부록 A&gt; IPC 코드 정보 .....</b>	<b>116</b>
<b>&lt;부록 B&gt; LR-QAP 모형 변수 상관관계 분석표 .....</b>	<b>117</b>

## <표 목 차>

[표 I -1] 연구의 방법 .....	7
[표 II-1] 조직성 근접성에 관한 문헌 .....	17
[표 II-2] 네트워크 분석의 관계 유형 체계 .....	22
[표 III-1] 한국 철강산업 주요 행위자 공장 입지 현황 .....	52
[표 IV-1] 기술지식 네트워크의 시계열적 기술통계 .....	57
[표 IV-2] 기술지식 네트워크의 시계열적 발전 양상 .....	59
[표 IV-3] 2003년 누적 네트워크의 커뮤니티 별 특징 .....	70
[표 IV-4] 2013년 누적 네트워크의 커뮤니티 별 특징 .....	73
[표 V-1] 분석 대상 기술 통계 .....	83
[표 V-2] 변수 기술 통계(2003년) .....	93
[표 V-3] 변수 기술 통계(2013년) .....	93
[표 V-4] 변수 특성 요약 .....	94
[표 V-5] LR-QAP 분석 결과 - 설명력(2003년) .....	96
[표 V-6] LR-QAP 분석 결과 - 계수(2003년) .....	96
[표 V-7] LR-QAP 분석 결과 - 설명력(2013년) .....	97
[표 V-8] LR-QAP 분석 결과 - 계수(2013년) .....	97



## <그 립 목 차>

[그림 I -1] 연구흐름도 .....	9
[그림 II-1] 연구분석틀 .....	27
[그림 III-1] 철강 제조공정 및 제품 .....	33
[그림 III-2] IPC 1-digit 코드 특허 출원 빈도 추이 .....	40
[그림 III-3] IPC 3-digit 코드 특허 출원 빈도 상위 20개 순위 변화 .....	42
[그림 III-4] 한국 철강산업 계층구조 .....	43
[그림 IV-1] 기술지식 네트워크 중심성 매트릭스 .....	62
[그림 IV-2] 기술지식 네트워크 내 지위와 혁신성 간 관계 .....	63
[그림 IV-3] 조직적 유형 간 공동 출원 활동 추이 .....	65
[그림 IV-4] 2003년 누적 네트워크의 커뮤니티 .....	69
[그림 IV-5] 2013년 누적 네트워크의 커뮤니티 .....	72
[그림 IV-6] 2013년 기술지식 네트워크 단순도 .....	81
[그림 IV-7] 2013년 기술지식 네트워크 단순도 .....	81
[그림 V-1] 구조적 공백과 고착 .....	90
[그림 V-2] 수정된 근접성과 연계 형성의 역-U 관계 .....	102

## <지 도 목 차>

[지도 Ⅲ-1] 2012년 철강재 시도별 출하액 .....	50
[지도 Ⅲ-2] 2000년 철강재 시도별 출하액 .....	50
[지도 Ⅲ-3] 한국 1차 철강산업의 지리적 가중평균중심 이동 및 2013년도 제조업 대비 LQ 지수( $LQ > 1.5$ ) .....	51
[지도 Ⅳ-1] 2004~2013년 권역 간 기술지식 네트워크 .....	67
[지도 Ⅳ-2] 1988~2003년 권역 간 기술지식 네트워크 .....	67



## 제1장 서론

### 제1절 연구 배경과 목적

한국 철강산업은 ‘포항제철의 신화’, ‘영일만의 기적’ 등의 이름으로 불리며 한국 산업사의 대표적인 성공 사례로 꼽힌다. 1970년대 포항제철소 건설 사업을 시작으로 급격하게 성장하였고, 1990년대 후반에는 적정한 공급 수준을 유지함에 따라 성숙단계에 진입했다고 여겨졌다. 그러나 세계 철강산업은 1990년을 전후로 ‘기술혁명’이라 부를만한 기술변화의 국면을 맞이했다. 국내 시장 상황 또한 기술적·조직적·지리적 측면에서 질적 변화를 경험했다. 성숙산업이라는 인식과는 달리 세계적 공급 과잉, 수요 시장 고도화, 원료 가격 불안정 등 국내외 경쟁강도가 심화되고 있다. 특히 한국 철강산업은 국제적으로는 2000년대 이후 중국의 급격한 성장과 일본의 기술력 사이에서 경쟁 압력이 높아지고 있으며, 국내에서는 관세가 철폐되고 여러 기업들이 상공정에 진출하면서 기존 포항 및 포스코 중심의 독점적 산업 구조에서 경쟁 구도로 변화하고 있다. 이러한 환경 하에서 철강산업 내 행위자들은 새로운 제철소 건설, 적극적인 해외 시장 개척, 고부가가치 제품 개발과 같은 자본 투자뿐만 아니라 전략적 제휴, 조직 개편 등 다양한 경영 기법을 도입하여 환경 변화에 대응하고 있다. 이러한 역동성에도 불구하고 국내 철강산업의 변화와 기술지식의 상호 학습 및 창출에 대한 연구는 충분히 이루어지지 못한 것으로 보인다. 기존 지리학 내 철강산업 연구는 주로 클러스터론에 기반을 두어 포항시 혹은 포항철강공업단지의 특성과 그것이 지역사회에 미치는 영향에 초점을 두고 있다. 한편 기존 기술지식과 혁신 연구는 주로 연구 당시의 첨단산업에 집중되어 있으며 성숙산업을 상대적으로 소홀히 하고 있다. IT, NT, BT 등 특정 제품혁신에 의해 경쟁력이 확보되는 산업에 대한 연구가 진행된 한편, 상대적으로 역사가 오래된 재료산업, 제조업 등 연속공정 내 전체 프로세스의 효율성이 중요하며 설비 의존도가 높은 산업에 대해서도 연구가 수행될 필요성이 있다. 특히 한국 철강산업의 기술지식에 대한 연구는 주로 1970~80년대 기술도입기에 초점이 맞추어져 있다. 이로 인해 1990년

대 이후 철강산업이 경험한 질적 성장뿐만 아니라 설비 확장 및 입지 이동과 같은 지리적 변화 또한 체계적으로 다루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 이러한 연구의 간극을 메우고자 한국 철강산업의 기술지식 개발 활동의 메커니즘을 규명하는 것을 목적으로 한다. 어떠한 행위자들이 존재하며, 그들은 기술적·조직적·지리적 측면에서 어떠한 성격을 가지고 있는지, 그리고 행위자 간 관계적 특성과 관련지어 네트워크가 어떠한 메커니즘 하에 구성되고 있는지를 분석할 것이다. 이를 통해 산업 특성과 최근 경향성에 부합하는 기술정책 및 지역정책을 구상하는 데 필요한 기초적인 정보를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구의 연구 질문은 다음 세 가지이다.

**첫째,** 한국 철강산업은 어떠한 변화를 경험했는가?

철강산업은 1997년 대규모 구조조정, 2004년 관세 철폐 등 IMF 이후 급격한 환경 변화를 경험했다. 그러한 일련의 산업 환경 변화가 철강산업 내 행위자들의 기술적·조직적·지리적 특성과 상호작용하면서 어떠한 방식으로 질적 변화를 야기했는지 고찰할 것이다.

**둘째,** 한국 철강산업의 기술지식 네트워크는 어떠한 역동적 과정을 통해 형성되었는가?

철강산업은 1990년대 전후로 질적인 성장을 도모하면서 신기술 개발에 성과를 올리고 있다. 본 연구에서는 특히 자료를 기반으로 기술지식 네트워크를 구축하고, 그것의 시계열적 발전 과정을 고찰할 것이다. 특히 중심 행위자와 매개 행위자의 행태에 초점을 두어 기술지식 네트워크의 형성과 역동성을 고찰할 것이다.

**셋째,** 한국 철강산업의 기술지식 네트워크 형성에 영향을 미치는 행위자 간 관계적 특성은 무엇인가?

근접성 연구에 이론적 바탕을 두어 각 행위자 간의 관계적 속성을 여러 근접성 유형을 기준으로 측정하며, 그것이 기술지식 네트워크 연계 형성에 어떠한 영향을 미치는지 실증 모형을 구축할 것이다. 양(+)/음(-)의 영향력 검증에서 나아가, 역-U 관계에 대한 논의를 중심으로 각 근접성의 선형적 혹은 비선형적 영향력 여부를 검증할 것이다.

## 제2절 연구 대상

### 1. 연구의 범위

본 연구는 한국 철강산업을 연구의 대상으로 삼는다. 철강산업은 한국표준 산업분류 상 소분류 1차 철강 제조업(241)에 속하며, 그 정의 상 철강 분, 괴, 퍼들바, 파일링, 빌렛, 블룸, 슬래브, 대, 판, 궤도, 봉, 선재, 관 및 기타 1차 형태의 철강재 및 표면처리 철강재를 생산하는 산업 활동을 지칭한다(통계청 고시 2007-53호). 소분류 1차 철강 제조업(241)은 제철 및 제강업(2411), 철강 압연, 압출, 연신제품 제조업(2412), 철강관제조업(2413), 표면처리 등의 기타 철강산업(2419)으로 세분된다. 그 중 특히 출원과 공동 출원 활동 전력이 있는 행위자들의 특성을 분석한다. 기술 개발 활동의 특성 상 철강산업에 속하지 않는 기계제조업, 자동차제조업체들이 포함되었으나, 철강산업과의 연관관계에 초점을 맞추었다. 행위자 간 근접성을 기술적, 조직적, 지리적 차원에서 분석하며, 특히 본 연구에서 ‘조직적’이라는 용어는 행위자 간 관계에 한정하여 사용한다. 각 행위자명은 표기의 편의 상 ‘주식회사’ ‘재단법인’ 등의 명칭을 생략했다.

시간적 범위는 1988년부터 2013년까지이다. 한국 철강산업은 식민지 시기 제강 및 압연을 중심으로 시작되었고, 1973년 고로 준공 이후 급속도로 성장해왔다. 그러나 본 연구의 초점은 철강산업 기술지식 네트워크의 형성과, 그것에 미치는 요인을 분석하는 것이다. 따라서 공동 출원 활동이 활발하게 진행되기 시작한 1988년을 시작점으로 한다. 이와 더불어 본 연구에서는 2004년을 환경적 변화로 인해 한국 철강산업의 성격이 변모한 분기점이라고 볼 것이다. 따라서 1988년~2003년, 2004년~2013년 두 시기로 나누어 3장에서는 역사적 맥락을 살피고, 4장과 5장에서는 이 분류 기준을 적용하여 실증적 검증 수행했다.

## 2. 연구의 방법

### 1) 철강산업 및 행위자 특성 분석

본 연구에서는 철강산업 전반의 특성 및 시간적 변화를 분석하기 위해 다양한 단행본을 참고했다. 특히 기술적 특성을 분석하기 위해 한국철강신문(2008a; 2008b)에서 발행한 <기초철강지식>, <중급철강지식>과 포항제철의 기술 도입 및 내재화, 창출 메커니즘에 대해 미시적 분석을 수행한 송성수(2002)의 논문, 포스코 창설멤버로 포항제철소장과 RIST(포항산업과학연구원) 소장을 역임한 백덕현(2010)의 <근대 한국 철강산업 성장사>의 내용을 중심으로 재구성했다. 조직적, 지리적 변천 과정의 경우 철강 산업 내 주요 행위자인 포스코, RIST, 현대제철, 현대하이스코, 동국제강, 유니온스틸, 세아제강 등의 기업 사사를 참고하였으며, 이외 산업연구원, 한국과학기술정책연구원, 금속노동조합연구원 등의 보고서와 한국철강신문의 기사를 참고했다.

분석 대상인 기술지식 네트워크 내 행위자는 대부분이 기업이며, 이외 대학 및 연구원으로 이루어져 있다. 각 행위자에 관한 기술적, 조직적, 지리적 특성 자료를 통해 근접성 행렬을 구축하기 위해 다양한 문서 자료를 참고했다. 한국신용평가 Kisreport를 통해 표준산업분류, 조직 유형 분류, 설립일자, 상장일자 등을 구득했다. 전자공시시스템(DART)에 게시된 연도별 감사보고서에서는 각 기업 행위자의 사업 연혁, 종사 산업 현황 및 제품 정보, 사업장 주소, 계열사, 계열사 외 투자 정보, 주요 주주 및 이사진에 관한 정보를 얻을 수 있었다. 이외 타 행위자와의 네트워크 구축 현황은 각 사의 웹사이트 및 한국철강신문, 스틸데일리를 활용했다. 한국철강신문과 스틸데일리는 철강재 및 원료 가격 공시, 해외 철강업계 동향 분석, 한국철강사와 관련된 서적 출판, 산업박람회 주최 등 산업 내에서 주요한 역할을 수행하고 있다는 점에서 공신력이 있다고 판단했다. 이외 각 기업 발행물, 정부 기관 보도자료 및 각종 보고서 등을 참고했다.

### 2) 특허 분석

본 연구는 특허<sup>1)</sup> 자료를 기반으로 각 출원자를 노드로 하는 기술지식 네트

워크를 구축했다. 해당 특허 자료는 한국특허공개 자료를 대상으로 국가과학기술정보센터(NDSL)에서 제공하는 특허 검색 기능을 사용하여 구축했다. 특허검색서비스를 제공하는 곳은 NDSL, WIPS, KIPRIS 세 곳이다. NDSL은 한국 외 미국, 일본 유럽 특허청이 생산하는 특허정보를 검색할 수 있으며, 특허의 발명자 및 출원인을 연계하여 검색할 수 있는 장점이 있다. WIPS는 아시아권 특허 검색에 특화되어 있으며, KIPRIS는 한국 특허 검색에 특화되어 있다. 본 연구의 경우 한국과 해외 출원자의 정보를 자세하게 파악하고자 검색 포털로 NDSL을 채택했다. NDSL은 엑셀 파일 형태로 국가코드, 출원번호, 출원일자, 공고일자, 등록번호, 등록일자, 발명명칭, 출원인 및 관련 정보, 발명자 및 관련 정보, IPC 코드, 국제출원정보, 우선권국가정보, 인용/비인용 정보 등을 제공한다. 특히 출원인 및 발명자 관련 정보의 경우 국가 및 주소지 정보를 제공해주기 때문에 지리적 특성을 분석하는 데 용이하다는 장점을 지닌다.

철강산업의 특허 분야는 크게 제철·제강 기술, 합금 기술, 주조 기술, 철강 가공 기술, 강판도금 기술 등으로 구분되며(이경철, 2014), IPC 2-digit 코드 기준으로 각 C21, C22, B22, B21, C23에 해당한다(특허청, 2009). 그러나 이는 비철계 금속을 다루는 경우도 포함하고 있어 키워드 검색을 혼합하는 방식을 채택했다. 국제특허분류(IPC)<sup>2)</sup> C21B, C21C, C21D, C22B와 키워드 열간압연,

1) 특허(Patent)는 지식재산권의 한 부분으로 특허권자가 자신의 특허를 타인이 제작, 사용 또는 판매하는 것을 막을 수 있는 권리를 보장하고, 동시에 대중에 대한 내용 공개를 의무로 하는 행정행위를 말한다. 특허에 대한 개념은 14세기 영국에서 형성되었는데 이에 관한 제도는 유럽에서는 18, 19세기에 세워졌다. 한국의 경우 1952년에 특허제도가 확립되었고 이후 1961년에 특허법이 공포되었다. 그러나 본격적으로 특허‘권’에 대한 투자가 이루어진 것은 비교적 근래의 일이다. Lemelson J. H.가 출원했던 바코드를 활용한 상품 검사 기계에 대한 특허권 논란이 일었던 1990년 이후 특허 출원이 크게 증가하였으며 이에 대한 투자 또한 늘어났다(서울대학교, 2014).

2)

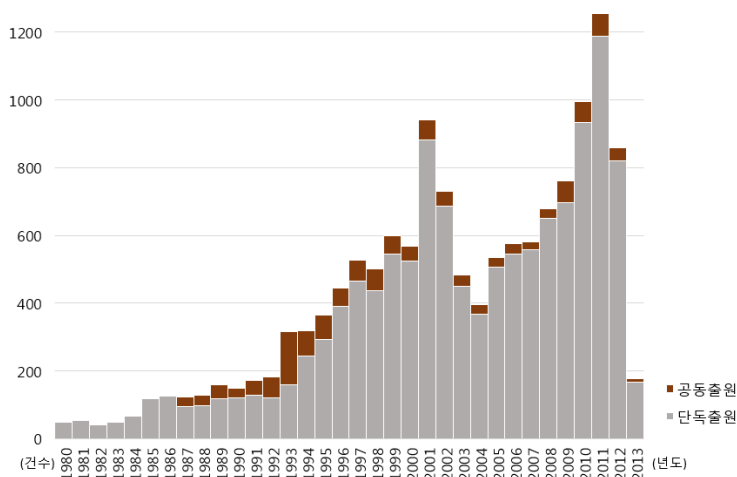
IPC코드	정의	주	색인
C21B	철 또는 강의 제조	원료로부터 철 또는 강의 제조, 예. 선철의 제조, 이것들에 특히 적합한 장치, 예. 용광로, 열풍로를 포함	제선, 제철, 직접법에 의한 용강의 제조
C21C	선철의 처리	예. 정제, 연철 또는 강의 제조; 철계 합금의 용융상태에서의 처리	
C21D	철계금속의 물리적 구조의 개량	철계 또는 비철계금속 또는 합금의 열처리를 위한 일반적 장치	열처리, 기계적인 처리, 열처리와 기계적 처리의 조합, 비금속을 제거하기 위한 확산 방법



열연, 냉간압연, 도금강판에 대한 키워드 검색을 통해 특허를 추출했다. 직접적으로 철계 금속만을 다루는 기술 코드를 추출하여 제선 및 제강 부문의 특허 자료를 추출하였으며, 해당 코드에 포함되지 않는 반제품 생산 공정명을 키워드 검색하여 압연 부문 특허를 추출했다<sup>3)</sup>. 총 14,701건의 특허가 추출되었으며, 그 중 한국 국적 출원자가 포함된 특허는 10,308건이다. 그 중 공동출원은 1982년부터 2013년까지 총 296개 기업이 참여한 총 1,332건인 것으로 나타났다. 1980년대 중반까지 공동 출원에 참여한 행위자는 포스코와 RIST 2개에 그쳤으며, 1988년부터 본격적으로 활발해진 것으로 보인다. 각 출원자를 노드로 하고, 공동 출원에 참여한 둘 혹은 그 이상의 출원자들 사이에 링크를 형성하는 방식으로 기술지식 네트워크를 구축했다<sup>4)</sup>.

C22B	금속의 제조 또는 정제; 원료의 예비처리	비아금적방법에 의한 금속의 채취 및 아금적방법에 의한 금속화합물의 채취도 포함	원료의 예비처리, 금속의 채취방법, 금속의 정제 또는 재용융, 특수금속의 채취
------	------------------------	---	---

- 3) 철강산업의 특허 분야는 연구자마다 다소 상이하다. 한국기계연구원(2008)은 공법과 제품을 혼합하여 제선·제강, 냉연표면처리, 봉·형강, 강관, 스테일리스강, 주철·주강으로 구분한다. 이경철(2014)은 공법 중심으로 제철·제강 기술, 합금 기술, 주조 기술, 철강가공 기술, 강판도금 기술로 구분한다. 이는 IPC 2-digit 코드로 각 C21, C22, B22, B21, C23에 해당한다(특허청, 2009). 후자의 경우, 비철계 금속을 다루는 경우도 포함하고 있어 본 연구에서는 이를 구분하기 위해 키워드 검색을 혼합하는 방식을 채택했다.
- 4) 한국 특허청 심사 흐름 상 특허 등록 이후 1년 6개월 이후에 출원이 공개되고 있으며, 그로 인해 2013년 자료는 실제 출원 수가 모두 집계되지 않아 다소 집계되었다.



한국 철강산업 특허 출원 추이(1980년~2013년)

### 3) 네트워크 분석

본 연구에서는 구축된 기술지식 네트워크의 특성을 분석하기 위해 사회적 네트워크 분석(SNA; Social Network Analysis) 방법론을 적용했다. 분석은 크게 제 4장의 기술통계적(descriptive statistics) 방법과 제 5장의 추론통계적(inferential statistics) 방법으로 나뉜다. 전자의 경우 각 행위자에 대한 위세중심성 및 사이중심성 지표를 기준으로 네트워크의 전역적인 경향성과 상위 지표를 지닌 행위자의 특성을 밝혔다. 이어 커뮤니티 분석을 통해 국지적 클러스터의 존재를 밝히고, 클러스터 형성 과정에서 각 커뮤니티에 속한 행위자들의 역할과 특성을 분석했다. 그리고 5장의 추론통계 부분에서는 각 행위자 간 기술지식 연계를 종속행렬로, 행위자 간 기술적·조직적·지리적 근접성을 독립행렬로 하는 LR-QAP (Logistic Regression - Quadratic Assignment Procedure)모형을 구축했다. 이와 같은 네트워크 분석을 위해서 주로 UCINET 6을 사용하였으며, 시각화는 Netminer 4.0을 사용했다. UCINET 6은 사회학 기반의 네트워크 분석에 특화된 프로그램이며 다양한 추론통계 툴을 제공한다는 장점을 지닌다. 그러나 50개 이상 노드에 대한 시각화에 취약하여, 이를 Netminer 4.0을 통해 보완했다.

이상의 연구 방법과 분석 내용을 정리하면 [표 I -1]와 같다.

[표 I -1] 연구의 방법

연구 방법		주요 자료 출처 및 프로그램	분석 내용	비고
문헌 조사	산업특성 분석	관련 문헌, 보고서, 통 계청 등	철강산업 특성 및 변화 분석	3장
	행위자특성 분석	kisreport, DART, 각 기업 사사, 신문 기사 등	조직적, 지리적 변화 분석	3장
			행위자 간 근접성 행렬 구축	5장
실증 분석	특허 분석	KIPRIS	기술적 변화 분석	3장
			기술지식 네트워크 구축	4장
	네트워크 분석	UCINET 6, Netminer 4.0	기술통계적 기법	4장
			추론통계적 기법: LR-QAP	5장

### 제3절 논문의 구성

2장에서는 문헌연구를 통해 연구주제와 연구분석틀을 도출한다. 지리학 및 여타 학문분야에서 기술지식 활동을 어떠한 방식으로 연구했는지에 대해 정리할 것이다. 특히 기술지식 네트워크의 형성을 근접성 개념을 통해 설명하려는 연구들을 소개하며, 근접성 개념을 여러 연구자들이 어떠한 방식으로 정의내리고 실증연구 내에서 변수화하였는지를 살필 것이다. 다음으로 네트워크 분석 방법론의 목적과 분석 범주, 기법 등을 살펴볼 것이다. 이를 기반으로 세 가지 연구주제와 연구분석틀을 도출한다.

3장에서는 철강산업의 현황을 살펴본다. 주로 1990년대 이후 한국 철강산업의 주요 특징에 초점을 맞출 것이다. 공정 과정, 제품, 연관 산업 등을 정리함으로써 철강산업 환경의 특성을 이해할 것이다. 또한 산업 내부·외부의 변화로 인한 기술적·조직적·지리적 변화 및 행위자들의 대응 전략을 분석 및 고찰하며, 이를 토대로 연구의 시간 축을 2004년의 전과 후로 구분할 것이다.

4장에서는 철강산업 특히 공동 출원 자료를 기반으로 기술지식 네트워크를 구축할 것이다. 우선 기술지식 네트워크의 전반적인 발전 양상을 살펴본 후, 전역적 특성과 국지적 특성을 분석한다. 네트워크의 전역적 특성 분석은 중심성 지표를 통한 구조적 특징 분석과 조직적 유형과 지리적 권역 간의 연계 분석으로 구성된다. 국지적 특성 분석을 위해 커뮤니티 분석을 실시하며, 각 커뮤니티를 구성하고 있는 행위자의 특성과 시간 흐름에 따른 노드 및 연계의 발전 양상을 분석한다. 이를 3장에서 살펴본 산업 특성과 연관지어 이해할 것이며, 그 분석 결과를 5장 변수 구축과 가설 도출에 활용할 것이다.

5장에서는 철강산업의 기술지식 네트워크가 2장에서 정리한 근접성 개념과 어떠한 관계를 가지는지에 관한 LR-QAP 모형을 구축, 실증 분석을 실시한다. 행위자 간 기술적·조직적·지리적 근접성을 변수화함에 있어서 3장의 산업 특성과 4장의 커뮤니티 분석 결과를 반영하여 가설을 도출한다. 그리고 각 근접성 차원과 연계 형성 확률 간 역-U 관계 존재 여부를 검증한다.

마지막으로 6장에서는 앞의 논의의 내용을 요약하고 결론을 도출한다. 정책적, 학술적 의의와 한계를 고찰할 것이다.

본 연구의 연구흐름은 [그림 I -1]과 같다.



[그림 I -1] 연구흐름도

## 제2장 문헌 연구 및 분석틀

### 제1절 기술지식 네트워크와 근접성 연구

#### 1. 기술지식 네트워크 연구

##### 1) 지리적 근접성과 사회적 착근성

‘기술지식 네트워크’는 개인 및 조직이 지식에 접근하기 위해 사용하는 직·간접적 연계의 집합으로 정의된다(Broekel et al., 2014). 기술지식 네트워크의 구조와 그것의 공간적 차원, 경제적 가치, 변화 등에 대한 실증 연구는 지난 20년간 혁신 연구에서 큰 관심을 끌었다(Grabher, 2006; Ter Wal and Boschma, 2009; Boschma and Frenken, 2010). 기업-간 공동 기술개발 활동에 대한 전통적인 연구에서는 각 기업의 흡수 역량(absorptive capacity), 비용, 위험 등 개별 속성이 연계 형성에 결정적인 요인이라고 보았으나, 최근에는 행위자 간 관계와 전체 구조 내 행위자 지위의 중요성을 강조하는 방향으로 전환되고 있다(Autant-Bernard et al., 2007). 여기서 네트워크는 조직-간 상호작용과 지식 흐름에 대해 적절한 개념으로 여겨지고 있다(Ter Wal and Boschma, 2009).

어떠한 요소가 경제적 행위자 간 상호 학습과 혁신(interactive learning and innovation)에 영향을 미치는가? 이에 대한 해석은 크게 두 가지로, 지리적 근접성(proximity)을 강조하는 문헌과 네트워크 내 착근성(embeddedness)의 역할에 주목하는 문헌으로 구분할 수 있다. 우선 전자는 지리적으로 가까울수록, 즉 지리적 근접성이 지식 이전을 용이하게 한다고 주장한다(Jaffe et al., 1993; Sonn and Storper, 2008). 이는 산업집적지 연구의 전통 아래에 있는 것으로, 초기 경제학자들은 주로 지식 생산 함수 접근법을 적용하여 특허와 같은 혁신의 지역적 생산이 R&D 투자액과 로컬 스피로버의 결과물이라고 해석했다. 면대면 접촉의 중요성을 버즈(buzz), 방송(broadcasting), 분위기(atmosphere) 등의 표현에 빗대어 설명했다. 한편 이러한 국지적 상호작용은 내재적으로 가정된 것이고, 외재적으로 검증된 것이 아니라는 측면에서 지리

적 근접성에 의문을 표하는 연구들이 수행되기 시작했다. 지식 교환이 중요한 것은 단순한 공동-입지가 아니라, 지식 네트워크의 멤버십 혹은 네트워크 내 지위가 중요하다는 것이다. 이들은 파이프라인(pipeline), 전선(conduit) 등의 표현을 빌려 착근성의 중요성을 강조하고 있다. 예컨대 과학자들은 공통의 언어와 인센티브 구조를 갖는 인식론적 공동체에 속해 있음으로써 거리가 떨어진 곳에서도 협력할 수 있으며(Moodysson, 2008), 다국적 기업의 자회사들은 동일 기업집단의 소통 구조를 통해 해외에서도 모기업과의 지식 교류를 원활히 수행할 수 있다. 이외 스펀오프(Ter Wal, 2013), 노동 이동(Song et al., 2003; Breschi and Lissoni, 2009), 기업 간 전략적 제휴(Gay and Dousset, 2005) 등 특정 요인에 초점을 맞춘 다양한 연구들이 수행되었다. 한편 Bathelt et al.(2004)은 위와 같은 버즈와 파이프라인의 이분법을 절충하면서 산업 클러스터 내 이 둘이 모두 존재하며 서로 보완적인 역할을 한다고 주장했다. 버즈와 파이프라인의 균형에 대한 관심이 늘어나면서 동시에 로컬과 외부 사이의 지식 흐름에서 중개자(broker) 역할에 대한 연구가 수행되었다. 로컬 내 대기업(Albino et al., 1999; Ter Wal, 2013) 혹은 비영리 연구기관(Kauffeld-Monz and Fritsch, 2013) 등이 외부 지식을 수용하여 로컬 내 새로운 지식 조합을 가능케 하는 게이트키퍼 역할을 함을 밝힌 바 있다.

## 2) 기술지식 네트워크의 역동성 연구

기술지식 네트워크의 동학에 대한 연구의 경우 대부분 진화경제지리학적 관점 하에 진화 메커니즘을 규명하고자 근접성 개념, 착근성 개념, 네트워크 이론, 진화경제학 이론 등에 기반을 두고 있다. Glückler(2007)는 지리학 내 네트워크 진화에 관한 이론을 정리하면서 선택(selection) 및 유지(retention), 변이(variation)의 진화적 과정과, 지리적인 것이 그것에 미치는 영향을 평가하는 데 연구의 초점을 두어야 한다고 지적했다. 특히 네트워크가 진화하면서 나타나는 지리적 차원의 변이를 형성하는 요인으로 네 가지 형식을 제시했다. 첫째는 글로벌 가교(global bridging)로, 지역 클러스터를 외부 네트워크와 연결해줌으로써 새로운 지식과 보완적 자원을 유입하는 형태이다. 둘째는 로컬 가교(local bridging)로, 지역 내 집적하고 있으나 서로 다른 성격의 네트

워크를 연결함으로써 로컬 다양성을 증대시키는 역할이다. 셋째인 로컬 중개(local brokering)는, 지리적으로 떨어져 있는 두 개 혹은 그 이상의 클러스터에 다중 입지함으로써 그 둘을 연결해주는 역할을 뜻한다. 마지막으로 모바일 중개(mobile brokering)는 지리적으로 분산되어 있는 행위자들이 박람회, 컨퍼런스 등을 통해 일시적인 클러스터를 반복적으로 형성하는 방식이다.

이에 대한 실증연구는 각 지역 및 산업에 대해 여러 가지 개념을 선택적으로 도입하는 방식으로 수행되었으며, 다양한 결과를 보여주고 있다. Roijackers and Hagedoorn(2006)은 제약 산업 내 네트워크의 패턴 및 트렌드 변화 연구를 통해 기술 파트너십에서 점차 지분 기반 제휴가 줄어들고 있으며 거대 제약 회사가 중심 행위자로서 다중적 파트너십을 구성하는 방식으로 네트워크가 형성됨을 고찰했다. Giuliani(2007)은 와인산업에 대한 미시적 연구에서 클러스터 내 지식 전파가 매우 선택적이고 불균등한 방식으로 이루어짐을 규명했다. 그는 이러한 패턴이 동일한 클러스터일지라도 기업에 따라 지식 기반이 이질적이고 비대칭적으로 분포되어 있기 때문이라고 주장했다. Ter Wal(2013)은 소피아-앙티폴리스 내 IT산업과 생명공학산업의 발명자 네트워크 진화를 분석한 결과, IT산업은 스피노프 및 스타트업 등을 통해 로컬 내 집단적 학습이 이루어졌고 그 결과 선도 기업의 중심성이 완화된 방식으로 진화했음을 밝혔다. 반면 생명공학산업은 해당 지역 내에서 지식 흐름이 관찰되지 않았으며 여전히 중심 기업의 주도권이 우세한 것으로 나타났다. Balland et al.(2014)은 스페인 장난감 클러스터 내 네트워크 진화에 있어서, 비즈니스 네트워크는 지위가 중요한 반면 기술지식 네트워크는 행위자 간 지리적 근접성과 기술적 근접성이 중요함을 규명했다. 또한 개인 간 연계를 의미하는 착근성은 두 네트워크 모두에 영향을 미친다고 주장했다. 한편 네트워크 이론에 기반을 둔 연구들은 유유상종(homophily), 선호적 유착(preferential attachment), 3자 관계(triadic closure) 등 내재적 특성을 도입하여 행위자의 선택과 네트워크의 진화를 예측할 수 있다고 주장했다(Cassi and Plunket, 2010; Ter Wal, 2014). 예컨대 Ter Wal(2014)은 독일 생명공학 발명자 네트워크에 대한 연구에서 구조적 공백이 시간이 지나면서 오히려 B와 C 사이의 인식적 거리를 좁혀주어 그들 간의 연계, 즉 ‘3자 관계’를 형성하

는 경향이 존재한다고 밝힌 바 있다. 그는 이러한 네트워크 전반의 경향성을 기반으로 네트워크의 진화를 예측할 수 있다고 보았다.

## 2. 근접성 연구

### 1) 혁신 연구 내 근접성 접근법

클러스터 및 혁신 연구에서는 사회제도적 맥락(socio-institutional context)에 대한 관심이 증대되면서, 근접성과 착근성의 개념을 중심으로 기술지식 네트워크의 성격 및 동학을 설명하려는 시도가 대두되었다. 기존 지리학에서 영역적(territorial) 차원의 개념으로 국한되었던 것과는 달리, 점차 다양한 차원의 근접성과 착근성에 대한 논의가 이루어졌다. 프랑스의 Proximity Dynamics 학파는 지리적 근접성이 단지 다양한 근접성 차원들 중 한 가지일 뿐이라고 주장했다(Torre and Rallet, 2005). 특히 그들은 동일한 조직이나 네트워크에 속할 때, 즉 조직적으로 근접할 때(organized proximity) 물리적 거리를 넘어 원활한 상호작용이 가능하다고 보았다. Torre and Rallet(2005)은 상대적 의미에서 행위자들이 조직적으로 가까운 정도, 그리고 행위자들이 동일한 관계의 공간을 공유하는 정도가 중요하다고 주장했다. 이후 Boschma(2005)는 행위자 간 지식 교환 가능성에 영향을 미치는 근접성의 다섯 가지 차원을 제안했다. 인지적(기술적), 사회적, 조직적, 제도적, 지리적 근접성이 그것이다. 그는 각 근접성이 어떠한 메커니즘을 통해 행위자 간 연계로 이어지는지를 설명하고, 근접성과 거리 간에 트레이드오프(trade-off)가 존재함을 논의했다. 다만 근접성의 범주 분류와 해석은 학자마다 다소 상이하다. Boschma(2005)가 다섯 가지 분류를 제시한 것과 달리, Gertler(1995)는 근접(closeness)의 중요성을 문화적, 조직적, 물리적 차원으로 구분하여 설명한 바 있다. Phlippen(2008)은 Boschma(2005)의 분류 중 사회적, 조직적, 제도적 차원을 관계적(relational) 근접성 차원으로 통칭했다.

Boschma and Frenken(2010)은 근접성 접근법의 실증 연구를 세 가지 테마로 분류했다. 첫째는 네트워크의 구조를 설명하는 것이다. 관련 실증연구들은 두 가지 이상의 근접성을 독립변수로 두고 그것이 연계 형성에 미치는 영향



력을 규명했다. 이러한 맥락에서 Boschma(2005)는 지리적 근접성이 네트워크 형성의 충분조건도 필요조건도 아니라고 주장했다. 다른 차원의 근접성이 존재하는 동시에 행위자들이 지리적으로 집적해있는 경우에는 지리적 근접성이 내재되어 있다는 것이다. 둘째는 네트워크의 경제적 효과를 설명하는 것이다. 연계가 행위자의 혁신 역량 증가 혹은 경제적 산출물로 이어지는가를 검증함으로써, 최적 수준(optimal level)의 근접성을 도출하거나 근접성 패러독스를 해결하는 방법을 제시할 수 있다. 셋째는 네트워크의 장기적 동학과 각 근접성 영향력의 변화를 분석하는 것이다. 시간에 따라 지리적 근접성의 역할이 줄어드는지, 네트워크 구조의 진화가 경로의존성을 보이는지 등에 대한 논의가 있다.

## **2) 기술적 근접성**

기술적 근접성 혹은 인지적 근접성은 행위자 간 연계를 형성하기 위해 필요한 상호간 지식 종류의 차이, 즉 지식수준의 격차를 의미한다. 상호 학습 및 혁신은 새로운 지식을 규명 및 해석하고 활용할 수 있는 흡수 역량(absorptive capacity)을 요구하기 때문에, 기술적 근접성이 중요한 요인이 된다. 만약 기술적 근접성이 충분하지 않다면, 탐색 및 모방 비용이 지나치게 증가할 것이기 때문이다. 반대로 지나친 기술적 근접성은 학습 및 혁신을 저해할 수 있다. Boschma(2005)는 이에 대해 세 가지 원인을 지적했다. 첫째, 새로운 지식을 창출하기 위해서는 이질적이고 보완적인 지식이 필요하다. 즉 기술적으로 지나치게 근접한 행위자들은 새로운 아이디어와 창의성을 창출하기 어렵다. 둘째, 의도하지 않은 스펀오버와 관련된 위험이 존재한다. 대개 기술적으로 근접한 행위자들은 동일 영역 내 경쟁자일 확률이 높다. 그들 간의 상호소통은 소수의 보완적 역량이 유출과 스펀오버로 이어질 수 있다. 셋째, 행위자 내부, 그리고 행위자가 지닌 타 행위자와의 관계 내에서 축적된 루틴은 결과적으로 기술적 고착을 초래할 수 있다. 과거에 성공적이었던 습관은 시간이 지나면서 쓸모없어지며, 이 때 지나친 기술적 근접성은 이를 탈피하기 어렵게 만든다. 따라서 각 행위자는 일정한 기술적 거리를 유지함으로써 이질적인 정보에 대한 개방을 추구해야 하는 동인이 생긴다. 즉 기술적

근접성과 기술적 거리 간에 트레이드오프가 존재한다.

실증 연구에서는 산업분류 상 종사 산업(Breschi et al., 2003; Broekel, 2012; Balland et al., 2014), EU 기술분류코드(Balland et al., 2011), 국제IPC코드(Jaffe, 1989; Cassi and Plunket, 2010) 등을 기술적 근접성의 대리변수로 사용했다.

### 3) 조직적 근접성

조직적 근접성은 두 행위자 간의 상호의존적 관계를 의미하는 개념이다. 그러나 이를 연구자마다 서로 다른 용어 및 이론을 바탕으로 해석하고, 실증 연구에 도입하고 있다([표 II-1]). 우선 이론적 논의를 살펴보면 다음과 같다. 초기 이 개념을 제시했던 Torre and Rallet(2005)는 이를 유사성의 원리(similarity logic)와 소속의 원리(adherence logic)로 구분하여 설명했다. Boschma(2005)는 이를 제도적·사회적 근접성과, 조직적 근접성으로 재분류했다. Boschma(2005)는 제도적·사회적 근접성을 Torre and Rallet(2005)의 유사성의 원리에 바탕을 두어, 공통의 제도에 기반을 둔 신뢰 관계라고 보았다. 제도적 근접성은 거시적 수준의, 그리고 사회적 근접성은 Granovetter의 착근성 개념을 바탕으로 미시적 수준의 행위자 간의 관계로 구분했다. 그리고 조직적 근접성은 소속의 원리를 바탕으로 ‘조직적 배치 안에서(within or between) 관계가 공유되는 정도’로 정의했다. 이를 자율에서 통제까지의 연속적인 스케일로 구분하여, 완전히 독립적인 행위자인 경우 근접성이 매우 낮고, 반대로 같은 위계적 시스템의 일부인 경우 매우 높다고 보았다. 따라서 근접성이 높을수록 지식 교환을 돕고 거래 비용을 감소시킨다는 점에서 긍정적이나, 지나친 경우 유연성이 감소한다는 점에서 해롭다고 주장했다. 한편 Oerlemans and Meeus(2005)가 조직적 근접성과 공간적 근접성의 기업 혁신 능력에 대한 영향력을 실증적으로 규명한 연구에서는, 조직적 근접성을 경제적 결과에 대한 네트워크 관계의 영향력을 고려한다는 점에서 Granovetter의 착근성 개념과 유사한 것으로 해석한 바 있다. Philippen(2008) 또한 착근성 개념에 기반을 두어 관계적(relational) 근접성 개념을 정리하고 기업의 조직-간 관계를 변수화했다. 이러한 해석은 Boschma(2005)의 사회적 근접성 개념

에 가깝다. Metcalfe(1994; Broekel and Boschma, 2012에서 재인용)는 조직적 근접성을 ‘조직이 유사한 루틴과 인센티브 메커니즘을 지닌 정도’라고 정의했으며, 이는 Boschma(2005)의 제도적 근접성의 정의와 유사하다.

조직적·제도적·사회적 차원을 구분한 실증연구 또한 동일한 정의 하에 연구자마다 상이한 대리변수를 이용하고 있다. 우선 조직적 근접성에 대한 측정 은 모기업-자기업 관계를 변수화한 연구가 주를 이룬다(Broekel, 2012; Balland et al., 2014). 이는 Torre and Rallet(2005)의 소속의 원리를 바탕으로, 동일 기업집단에 소속된 기업들이 동일한 조직 루틴을 공유하고 통제가 용이하기 때문에 지식 교환에 좀 더 개방적이라는 가정에 기반을 두고 있다. 이외 조직 유형 유사도(Broekel and Boschma, 2012)와 과거 협력 횟수(Oerlemans and Meeus, 2005; Cassi and Plunket, 2010; Broekel and Boschma, 2012)를 변수화한 연구가 수행되었다.

사회적 근접성의 경우, 행위자 간 미시적 관계라는 정의에 가장 가까운 실증연구 사례로 Broekel and Boschma(2012)의 연구를 들 수 있다. 그들은 폐업한 거대기업의 과거 소속 여부, 즉 ‘old-boy’ 네트워크를 사회적 근접성으로 변수화했다. 이외 연구에서는 과거 협력 경험 수(Broekel, 2012), 네트워크 내 두 행위자 간의 최소 거리(Autant-Bernad et al., 2007) 등의 변수를 사용했다. Cassi and Plunket(2010)은 Broekel and Boschma(2012)와 유사한 논리 하에 두 행위자가 공동 출원한 특허의 수를 조직적 근접성으로 정의했다.

제도적 근접성에 대한 실증연구는 주로 조직 유형에 따른 인센티브 구조가 유사한 정도를 고려했다. Boschma(2005)는 동일한 비-영리 조직인 경우 공공적 미션을 가지고 있기 때문에 합작할 확률이 높다고 보았다. 대다수의 연구에서 각 행위자의 조직 형식을 대학, 연구원, 사기업, 대기업으로(Broekel, 2012) 구분하여 동일한 제도적 배경을 공유하는 행위자 간 협력 활동의 여부를 변수화했다. 이와 유사한 논리 하에 Hoekman et al.(2009)은 유럽 내 공동 R&D 사업을 대상으로 수행한 연구에서 동일 국가 내에 속한 경우 제도적으로 근접하다고 판단했다. 한편 Broekel and Boschma (2012)는 이와 동일한 변수를 조직적 근접성의 대리변수로 정의한 바 있다.

[표 II-1] 조직적 근접성에 관한 문헌

이론적 논의			실증적 변수 설정			
Torre and Rallet(2005)	Metcalfe (1994)	Boschma (2005)	Cassi and Plunket (2010)	Broekel and Boschma (2012)	Broekel (2012)	Balland et al.(2014)
소속의 원리		조직적- 통제	과거 공동출원 횟수	조직 유형 유사성, 과거 협력 횟수	기업집단 소속	기업집단 소속
유사성의 원리		사회적- 미시적 신뢰		과거 동일 기업 소속	과거 협력 횟수	
	유사한 루틴과 인센티브 메커니즘	제도적- 거시적 신뢰	조직 유형 유사성		조직 유형 유사성	

조직적 근접성이 유사성의 원리와 소속의 원리로 구성되어 있다고 판단할 때, 전자는 Boschma(2005)가 정의한 제도적 근접성과 사회적 근접성으로 설명될 수 있다. 그리고 후자는 Boschma(2005)의 조직적 근접성으로 볼 수 있다. 그러나 후자의 경우 그 정의와 달리 실증연구에서는 기업집단 소속 여부와 같은 위계나 아니냐의 구분으로만 설명되었다. 기업 간 관계의 다양한 형식을 고려하지 못한다는 한계는 경제지리학 내 조직-간 관계 연구에 의해 보완될 수 있을 것으로 보인다. 경제지리학에서 조직 사이의 관계에 대한 관심은 1980년대 후반 조직-간 관계(Inter-Organizational Relation)의 네트워크에 대한 분석과 더불어 빠르게 성장했다(Dicken and Thrift, 1992; Yeung, 1994; 박삼욱, 1999). 이는 산업경제학, 국제경영학, 조직 과학 내 조직의 '네트워크' 형식이라는 개념이 다시 나타난 것과 같은 맥락 안에 있는 것이다. 네트워크 접근법의 강점은 '현상을 전체로 보며, 각 부분을 분석할 때 볼 수 없었던 관계를 발견할 수 있다(Green, 1993: 73; Yeung, 2008에서 재인용)'는 점이다. Yeung(2008)은 행위자 간 네트워크 관계를 조인트 벤처, 하청, 협력 및 비-지분 합의, 민족 및 개인적 네트워크, 협력적 마케팅 및 R&D, 기술 파이낸싱 등 광의적으로 구분했다. 그리고 비즈니스 네트워크가 비공식 연계 및 사회화 과정을 통해 조직화되는 경향이 있는 반면, 공급 상품 사슬, 생산 네트워크, 혁신 네트워크는 공식성 및 행적 통제의 수준이 높은 경향이 있다고 보았다. 이러한 조직-간 네트워크는 점차 대외구매 및 생산 전략으로 채택되면

서 그 경영 활동 상 범위가 넓어지고 있다. 국지지역 내 뿐만 아니라 국가 및 국제 스케일에서도 이루어지며, 고객기업 및 경쟁기업, 산업협회, 중앙정부, 대학 등 공공기관과의 연계가 조직화된다(박삼욱, 2002).

조직-간 네트워크 관계가 수평적인 관계를 의미하는 것은 아니라는 점에서, 네트워크 관계의 속성과 역동성을 이해에 있어 권력 개념은 반드시 고려되어야한다. Grabher(1993)는 기업 간 네트워크에는 호혜성, 상호의존성, 느슨한 연계의 특성과 동시에 권력이 반드시 존재한다고 본다. 권력을 불완전성으로 바라보는 시장 모델과 대조적으로, 네트워크 모델은 권력과 비대칭성을 필수적인 요소로 바라본다는 것이다. Grabher (1993)는 더 강력한 행위자가 상대의 기회와 한계를 결정한다는 점에서, 결정을 프레임(frame)할 수 있다고 주장했다. 예컨대 Albino et al.(1999), Roijakker and Hagedoorn(2006) 등의 연구에서는 기술지식 이전 및 창출 활동에서 지역 내 선도 기업이나 거대 기업이 다중 네트워크에서 연유한 비대칭성을 기반으로 주도적인 역할을 함을 밝혔다.

#### **4) 지리적 근접성**

지리적 근접성은 행위자 간 물리적 거리로 정의된다. 물리적인 근접성이 높을수록 지식 거래 비용이 감소하고, 면대면 접촉을 통한 암묵지의 이전에 용이하다는 전제를 지닌다. Boschma(2005) 외 많은 연구자들은 지리적 근접성을 상호 학습 및 혁신에 대한 충분조건이라기보다는, 주로 다른 근접성을 촉진하는 역할을 하는 것으로 보고 있다.

경제지리학자들은 다른 유형의 근접성과 지리적 근접성 간의 관계를 밝히는 실증 연구들을 수행했다. Ter Wal(2014)이 지식의 성격에 따라 지리적 근접성이 네트워크 형성에 영향을 미치는 정도가 상이하다고 언급한 바와 같이, 연구 대상과 분석 방법에 따라 지리적 근접성의 역할은 다소 상이하게 나타난다. Breschi and Lissoni(2003)는 특허 인용 네트워크 연구에서, 사회적 근접성을 통제하는 경우 지리적 근접성이 예측력을 잃음을 보여주었다. Ponds et al.(2007)은 지리적 근접성이 기업-연구소의 공동개발 활동에는 긍정적인 영향을 미치지만, 연구 조직들 간의 협력에는 별 관계가 없음을 밝혔다.

이러한 측면에서 지리적 근접성이 서로 다른 행위자 간 제도적 거리를 극복하는 대체재 역할을 한다고 주장했다. Broekel and Boschma(2012)의 네덜란드 항공산업 연구에서는 다른 변수를 통제하더라도 지리적 근접성이 통계적으로 유의하게 설명되지 않았으며, Glückler(2010)의 독일 사진산업 연구에서는 지리적 근접성이 두 행위자의 협력에 유의미하게 양의(+) 영향력을 미치는 것으로 나타났다.

## 5) 근접성과 연계 형성의 역-U 관계

근접성의 긍정적인 영향력에 대한 연구가 진행된 한편, 지나친 근접성이 외부 지식 접근 확률 혹은 혁신 역량을 저해할 수 있다는 것 또한 자명하게 여겨진다(Phlippen, 2008; Boschma and Frenken, 2010). 예컨대 밀집된 클러스터에 공동입지하고 공식적 관계로 강하게 연결되어 있는 기업들은 불필요한 중복 혹은 의도하지 않은 지식 이전으로 인해 고착(lock-in) 효과에 빠질 수 있다. Boschma and Frenken(2010)은 여성복산업을 다룬 Uzzi(1997)의 연구를 제시하며 사회적 근접성과 네트워크 형성 및 혁신 간 역-U 관계(inverted-U shaped relation)가 존재한다고 주장했다. 또한 Broekel and Boschma(2012)는 Nooteboom(1999)의 논의를 준거점으로 삼아 기술적 근접성과 공동 기술 개발 활동 및 혁신 간에도 역-U 관계가 있으며, 관련 다양성(related variety)의 존재를 확인할 수 있다고 주장했다.

근접성과 네트워크 내 연계 형성 간의 관계를 실증적으로 규명하는 다수의 연구들이 수행되었다. 기술적 근접성의 역-U 형태 여부를 검증하는 연구가 주를 이루고 있으며, 연구에 따라 그 결과가 상이하다. Mowery et al.(1998)<sup>5)</sup>, Nooteboom et al.(2007)<sup>6)</sup> 등은 두 기업 간 기술적 근접성과 상호 학습 및 혁신 간에 역-U 관계가 있음을 규명했다. 반면 Cantner and Meder(2007)는 독일 특허 자료를 기반으로 협력 파트너 선택에 기술적 근접성이 높을수록 양적 영향을 미치며 역-U 관계는 확인되지 않음을 밝혔

5) 미국 내 공동 조인트벤처 자료에 기반을 두어 5,000개 기업 간의 제휴 9,000여개와 특허 인용 확률 간 관계를 분석했다.

6) 화학, 자동차, 제약 산업 내 기업의 기술-기반 제휴를 대상으로 기술적 거리와 혁신성의 관계를 분석했다.

다. Heringa et al.(2014)<sup>7)</sup> 또한 네덜란드 수자원 분야에서 행위자 간 지리적, 기술적, 조직적, 사회적 근접성이 각 행위자의 혁신, 출판, 매출과 행위자 간 지식교환, 협력, 아이디어 공유에 대해 모두 선형적인 영향력을 미치며 역-U 관계는 확인되지 않음을 보였다. Broekel and Boschma(2012)는 다섯 가지 근접성이 네덜란드 항공 산업 행위자 간 기술협력 확률에 미치는 영향력을 검증했다. 그 중 지리적 근접성과 기술적 근접성에 대한 역-U 관계를 변수화했으며, 분석 결과 역-U 관계가 발견되지 않은 것으로 나타났다. 이러한 상반된 연구 결과에 대해 Cassi and Plunket(2014)은 탐색(exploration) 성격의 지식에 대해서는 역-U 관계가, 개발(exploitation) 성격의 지식은 선형적 관계가 우세할 것이라고 주장한 바 있다.

---

7) Heringa et al.(2014)은 각 근접성이 6가지 결과물에 미치는 영향력을 규명하는 다변량 로지스틱 회귀모형을 구축했다. 사회적 근접성과 조직적 근접성 변수의 경우, 대부분 관계적 역할이 아닌 개별 속성의 차이에 기반을 두어 정의되었다. 각 근접성 차원에 해당하는 변수는 다음과 같다. (1) 지리적 근접성: 지리적 거리의 역수, (2) 사회적 근접성: 조인 여부, 신뢰 여부, 동일 성별여부, 나이 차이, 알고 지낸 시간, 만남 빈도수, 비-사업 관계 여부, (3) 조직적 근접성: 새로운 상황에 적응 정도 차이, 기획 및 금융 경영의 엄격성 정도 차이, 조직 외부에서 관계를 시작할 수 있는 자유도 차이, 결과보다 과정을 중시하는 정도 차이, 지적 재산권 보호의 중요도 차이, 동일한 사회적 부문에서 일한 경험 여부, (4) 인지적 근접성: 기술 용어 사용 차이, 전문적 기구 소프트웨어 기계 사용정도 차이, 수자원 분야에서 동일한 전문가로 특정 부문 참여 여부, 일상적 생활 내 겹치는 영역 존재 여부(경영, 정책결정, 연구, 가동 등)

## 제2절 네트워크 분석 방법론

### 1. 네트워크 분석의 목적 및 범주

네트워크 분석의 목적은 연결망 형태의 특징을 도출하고, 관계적 특성을 통해 체계 전체 혹은 체계를 구성하는 단위의 행태를 설명하는 것이다(김용학, 2010). 이론적 측면에서 기존 사회과학 내 주 관심사였던 개별적 속성(attribute)에서, 행위자의 관계적 속성(relational property)으로 설명의 중심을 옮긴 것으로 볼 수 있다. 이는 개별적 속성을 무시하는 것이라기보다는, 관계적 속성을 통제된 후에도 이것의 설명력이 있는지를 검증하고자하는 것에 가깝다. 네트워크 분석은 분석 단위 간 상호 작용의 형태를 분석함으로써 현상의 미시적 기초를 찾거나, 사건의 시간적 구조화를 통해 인과구조를 규명하는 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 네트워크 분석의 기본 가정은 다음 두 가지이다(Borgatti et al., 2013). 첫째, 네트워크 내 행위자의 위치선이 그 행위자의 한계와 기회를 부분적으로 결정한다. 따라서 위치선을 규명함으로써 행위자의 결과물, 예컨대 수행력, 행태, 믿음 등을 예측할 수 있다. 둘째, 행위자 그룹에 발생하는 어떠한 변화는, 그들을 연결하는 구조의 함수(a function of the structure of connections)의 일부분이다.

네트워크 분석의 범주는 크게 두 가지, 노드의 유형과 분석의 수준을 기준으로 나뉜다. 노드의 유형은 개인이나 집합이나에 따라 달라지며 분석의 수준은 노드(node), 쌍(dyad), 네트워크(network)로 구분된다. 예컨대 기업이라는 집합 단위를 기준으로 쌍 분석을 수행하는 경우, 기업 간의 관계가 분석의 대상이 된다. Borgatti et al.(2013)은 관계의 유형을 크게 관계적 상태와 관계적 사건으로 구분했으며, 그 중 관계적 상태는 유사성, 관계적 역할, 관계적 인식으로 재분류한 바 있다([표 II-2]). 관계적 상태는 다른 관계적 상태 혹은 관계적 사건의 전제 조건이 되기도 하고, 반대로 그것의 결과물이 되기도 한다.



**[표 II-2] 네트워크 분석의 관계 유형 체계**

관계적 상태(state)							관계적 사건(event)	
유사성			역할		인식			
입지	참여	속성	혈연	기타	감정	인지	상호 작용	흐름
동일 시공간	동일 클럽	동성, 동일 속성	모자관계 형제관계	친구, 상사, 학생, 경쟁자	선호 불호	알고 있음	대화, 도움, 싸움, 판매	정보, 신념, 자본

\*주: Borgatti et al.(2013)

## 2. 네트워크 분석 기법

### 1) 기술통계 기법

#### 가. 기술통계 기법의 특성

사회과학 내에서 네트워크 분석 기법은 주로 네트워크의 전역적, 국지적 특성을 파악할 수 있는 지표를 도출하고, 그것을 시각화하여 직관적 이해를 돕는 형태로 이루어졌다. 김용학(2010: 62)은 기법들을 결속(clique), 중심성(centrality), 구조적 동위성(structural equivalence), 가교(bridge), 중개(broker) 등의 주제로 구별하고 있다. 초기 실증연구에서는 단순히 기술 통계치를 해석하는 방식이 보편적이었으나, 차츰 사회적 네트워크의 특성을 반영하는 기법을 적용하거나(구양미, 2008), 몇 가지 지표를 교차 배치하여 매트릭스를 구축하는 연구가 수행되었다(김원준 외, 2012; 임화진, 2013). 특히 전자의 경우 대표적으로 클러스터링(Newman and Park, 2003) 기법이 있다. 생물학 혹은 기술적 네트워크와 구분되는 사회적 네트워크의 특성은 일종의 결속을 형성한다는 점이다. 이는 네트워크 내 행위자들이 긴밀하게 연결된 연계 내에서 축적된 신뢰로부터 이윤을 얻고자 하는 경향성으로 인해 나타나는 것이다. 그 과정에서 구조적 공백(structural hole)이 발생하며(Burt, 2002), 그 공백을 점유(occupy)하는 행위자는 연결되지 않은 서로 다른 두 행위자들을 중개함으로써 지식 접근에 더 용이한 위치를 점하게 된다. 동시에 이를 차단하고자

연결되지 않은 행위자 간에 연계를 형성하려는 동인이 발생하고, 3자 관계를 구성하려는 경향성이 존재한다. 이러한 특성을 분석하기 위해 커뮤니티(community) 분석, 구조적 공백 분석 기법 등이 고안되었다.

## **나. 커뮤니티 분석**

특히 사회적 네트워크의 특성을 분석하기 위한 클러스터링 기법의 일종인 커뮤니티 분석은 Girvan and Newman(2002; NetMiner 4.0 Manual에서 재인용)이 모듈화 개념을 기반으로 제시한 커뮤니티 탐색 방법론이다. 이는 동일 커뮤니티 내 노드들 간에 최대한 많은 링크가 존재할 수 있도록 행위자들을 구분하는 방식이다. 그 중 CNM 알고리즘은 여타 알고리즘에 비해 연산 시간이 많이 소요되지만, 안정적인 결과를 도출하여 가장 광범위하게 사용된다. 분석 결과로 각 행위자가 속한 커뮤니티와 모듈화 지수(modularity)가 도출된다. 모듈화 지수는 (커뮤니티 내 링크 수)/(형성될 수 있는 모든 링크 수)로 계산되며, 얼마나 커뮤니티 분할이 성공적으로 수행되었는지를 나타내는 지표이다. 0과 1사이의 값이 도출되며, 일반적으로 0.3 이상인 경우 유의미한 커뮤니티 구조로 판단한다. 이를 통해 국지적 네트워크의 성격을 분석할 수 있다. 경제 지리학 내 커뮤니티 분석을 시행한 연구로는 구양미(2008: 184)가 있다. 커뮤니티 분석을 통해 네트워크의 국지화 구조를 살피고, 질적 분석을 통해 구조의 형성 요인을 고찰했다.

## **2) 추론통계 기법**

### **가. 추론통계 기법의 특성**

연구자들은 네트워크 동학 분석을 위한 다양한 추론 통계(inferential statistics) 기법을 개발·적용하기 시작했다. 네트워크 자료는 관계적 자료이기 때문에 관측치 간 조건적 종속성이 존재하며, 따라서 전통적인 회귀분석에 적합하지 않다. 네트워크 자료의 검정통계량 계산의 대안적 방법으로 부트스트랩(bootstrap) 방법을 사용한다. 이는 본래의 네트워크 행렬에서부터 순열을 추출하여 통계량의 표본분포를 생성하고, 이를 통해 검정 및 상관관계분석을

시행하는 기법이다. Broekel et al.(2014)은 이러한 종속성에 포함된 정보를 모델링하기 위한 방법론으로 크게 네 가지를 제시하고 있다. GM(Gravity Model), QAP(Quadratic Assignment Procedure), ERGM(Exponential Random Graph Models), SAOM(Stochastic Actor-Oriented Models)이 그것이다. 그 중 가장 활발하게 사용되는 것은 GM으로, 해당 수식을 응용하여 네트워크 자료 분포 형태에 알맞은 프로빗 모델, 포아송 회귀 모델, 부정 이항분포 모델 등을 구축하는 것이 보편적이다. 이 방법은 다른 세 가지 기법에 비해 자료 구축이 용이하다는 장점이 있으나, 여전히 전통적 회귀 기법으로 네트워크의 종속성을 충분히 고려하지 못한다는 한계를 가지고 있다. 이에 QAP, ERGM, SAOM 모델의 이론적, 실증적 적용이 점차 활발해지고 있다. 이 세 모델은 네트워크의 종속성을 고려할 수 있다는 장점이 있으나, 완전 연결망(complete network)을 구축해야 한다는 점이 진입장벽이 되고 있다.

#### 나. QAP

QAP는 두 개 혹은 그 이상의 네트워크 행렬 간의 관계를 탐구하기 위해 고안된 것으로, 퍼뮤테이션(permutation test)을 이용하여 종속행렬 Y와 독립행렬 X 사이에 아무런 상관관계가 없다는 귀무가설을 검증하는 방법론이다. X를 그대로 둔 상태에서 Y의 열과 행의 순서를 반복적으로 퍼뮤테이트하고, 매번 상관계수를 구한다. 이를 단순계수비교법을 이용해 도출된 상관계수와 비교하여 가설을 검증한다. 검증 시 변경 횟수를 늘릴수록 통계적 유의성은 안정화된다. 이 방법론은 각 셀이 아니라 열과 행을 단위로 변경하기 때문에 행렬을 구성하는 행위자의 특성을 고려할 수 있다. 동일한 행 혹은 열에 속한 셀들 간의 자기상관, 즉 행위자들이 다중의 연계를 만든다는 사실로 인한 자료에 내재된 의존성을 고려할 수 있는 것이다(Marijtje and Huisman, 2011). MR-QAP(Multiple Regression-QAP)의 경우, 세 번째 행렬 Z를 컨트롤한 상태에서 나머지 두 행렬 간 관계를 추정하기 위한 좀 더 복잡한 과정이 필요하다. X와 Z 간의 종속성으로 인한, 즉 MR 내 다중공선성과 비교될 수 있기 때문이다. 이를 통제하는 다양한 알고리즘들이 제안되었는데, 그 중 Dekker et al.(2007)의 잔차 퍼뮤테이션 기법(residual permutation method)이 가장 수

행력이 우수한 것으로 알려져 있다. 이는 첫 번째 단계에서 Z에 대한 Y, X, 에 대한 Z의 회귀로부터 잔차를 구하는 과정이 반복되며, 이것은 두 번째 단계에서 Z를 컨트롤한 Y와 X 사이의 상관계수를 계산할 때 회귀 식에 포함되는 방식이다. LR-QAP(Logistic Regression - QAP)는 일종의 네트워크 자료를 이용한 로지스틱 회귀분석론으로, 종속행렬 내 1 값이 형성될 확률에 미치는 독립행렬의 영향력을 검증한다. 유의성 검증에서 추정된 표준오차의 분포 특성에 의존하지 않으며, Walsh(1994)의 실증연구에서는 로지스틱 회귀 모형과의 비교를 통해 LR-QAP가 좀 더 보수적인 결과를 도출함을 밝힌 바 있다. LR-QAP 분석 결과 도출된 계수를 해석하는 방법은 전통적 로지스틱 회귀분석과 같다(Borgatti et al., 2013). 예를 들어 한 독립행렬의 계수가 0.5라면, X 변수가 한 단위 증가할 때 종속변수는 평균적으로 0.5 단위만큼 로그 승산비(log-odds)가 증가함을 의미한다.

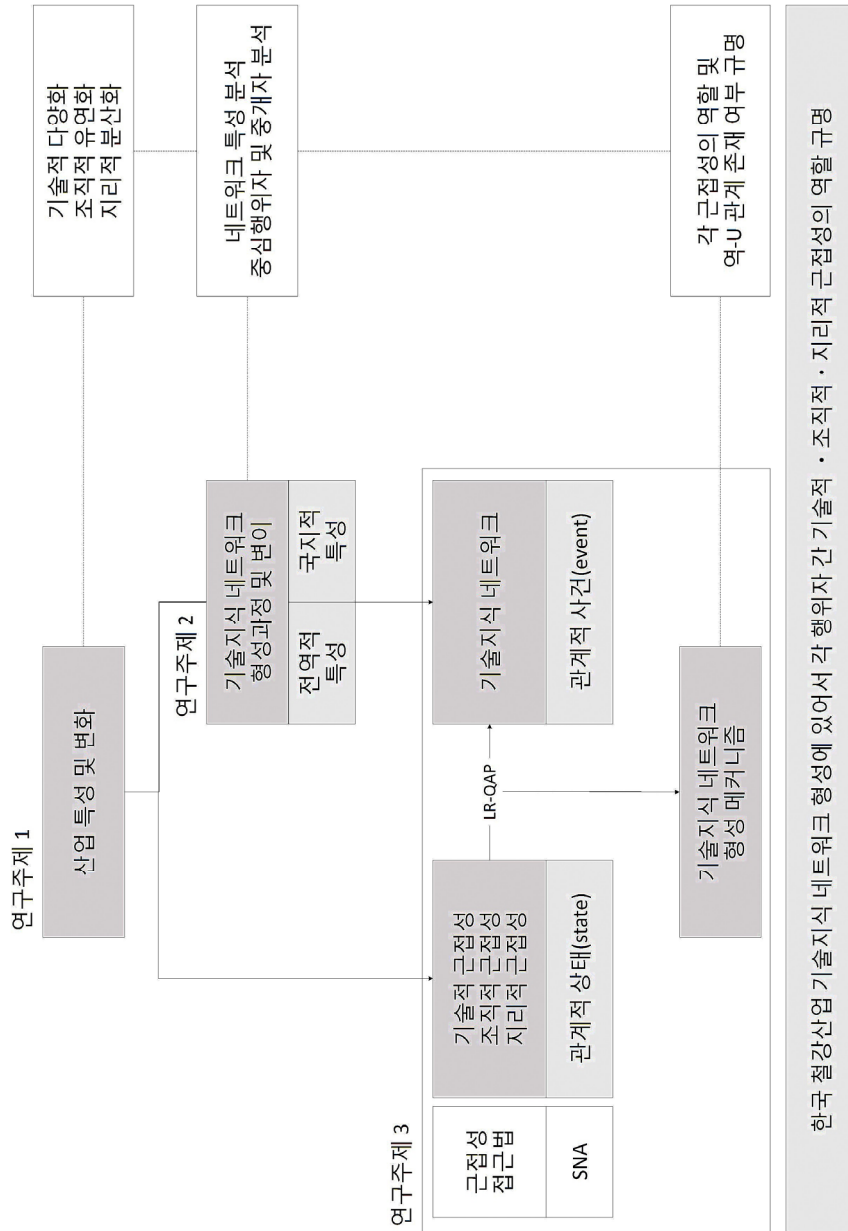
경제지리학 근접성 연구에서 QAP 방법론을 적용한 사례는 다음과 같다. Glückler(2010)가 독일 사진산업의 제휴 네트워크에 MR-QAP 모형을, Broekel and Boschma(2012)가 네덜란드 항공 산업의 기업 간 네트워크 분석에 LR-QAP 모형을 구축했다. 이들은 근접성 변수 외에 네트워크 내생 변수를 도입했다. 그러나 이는 종속변수의 구조적 특성을 독립변수에 추가하면서 변수 간 차원의 혼동을 야기한다는 한계가 있다. 한편 국내 문헌에서는 전범수(2005)가 QAP 분석을 통해 글로벌 통신 기업 제휴 구조의 연도별 상관관계를 연구했으며, 박준형 외(2013)는 ICT 기업 간 특허 인용 네트워크에 대해 기업 간 거리, 계층, 전년도 인용 여부의 영향력을 검증하는 MR-QAP 모형을 구축했다.

### 제3절 분석틀

본 연구는 한국 철강산업 기술지식 네트워크 형성에 있어서 각 행위자 간 기술적·조직적·지리적 근접성의 역할을 분석하는 것을 목적으로 한다.

우선 연구주제 1은 한국 철강산업의 환경 변화를 분석하는 것이다. 철강산업의 전반적인 특성을 이해하고, 특히 2000년대 중반의 기술적·조직적·지리적 변화를 고찰한다. 연구주제 1의 분석 내용은 연구주제 2와 3의 변수 구축과 현상 해석의 기반이 될 것이다. 연구주제 2에서는 공동 출원 특허 자료를 기반으로 기술지식 네트워크를 구축하고, 그 구조적 특성을 분석한다. 네트워크 분석 방법의 기술통계적 기법을 사용하여 네트워크의 시계열적 전역적, 국지적 특성을 분석한다. 특히 커뮤니티 분석을 통해 어떠한 행위자들이 결속되어 있는지를 분석하고 각 커뮤니티의 중개자 특성을 분석함으로써 네트워크의 형성과정과 역동성을 고찰할 것이다. 연구주제 3은 네트워크 회귀분석 방법론인 LR-QAP 모형을 통해 각 근접성 차원이 기술지식 네트워크 형성에 어떠한 영향을 미치는지 검증하는 것이다. 이는 네트워크 분석 방법론 상 관계적 사건과 관계적 상태 간의 상관관계를 검증하는 것이다. 기존 문헌의 한계점을 보완한 모형을 구축함으로써 각 근접성의 역할과 더불어 역-U 관계 존재 여부를 규명할 것이다.

위와 같은 연구주제와 연구분석틀을 도식화하면 [그림 II-1]과 같다.



[그림 표-1] 연구분석틀

## 제3장 한국 철강산업 현황

### 제1절 철강산업의 주요 특성

#### 1. 철강산업 개요

산업적으로 사용되는 기초 소재의 60% 이상이 금속 소재인데(한국산업기술진흥원, 2009), 그 중 철강소재는 전체 금속 생산량의 95%를 차지한다(한국철강신문, 2008a). 철은 상대적으로 가격이 저렴하고 원재료가 철광맥의 형태로 특정 위치에 집중되어 있으며 가공성 및 경도 측면에서 유용하게 이용할 수 있다는 장점이 있다. 생산된 철강제품은 자동차, 조선, 가전, 기계, 건설 등 전 산업 분야에 걸쳐 기초소재로 사용되고 있다.

전 세계 조강 생산 규모는 2013년 기준으로 1,600백만 톤이다. 1980~2000년대에는 800백만 톤 수준에 머물렀으나 2000년대 이후 BRICs의 성장에 따라 급격한 설비 확충이 이루어졌다. 한국의 경우 1973년 포항제철 가동 이후 조강생산량이 꾸준히 증가하여 2013년 기준 연간 66백만 톤을 생산하고 있다. 1990년대 대규모 설비투자로 23백만 톤에서 43백만 톤으로 2배가량 증가했으며, 2000년대 후반 현대제철과 동부제철이 각 제철소와 제강소를 증설하면서 현재에 이르게 되었다. 이는 세계 점유율 4.1%로 중국, 일본, 미국, 인도, 러시아에 이어 세계 6위 생산국에 해당한다.

기존 지리학 내 철강산업 연구는 주로 클러스터론에 기반을 두어 포항시 혹은 포항철강공업단지와 지역의 상호작용에 초점을 두고 있다. 최희운(2002)과 유성종(2002), 이정록(2004)은 포항과 광양 철강공단이 각 지역의 경제구조, 도시구조 및 경관 등에 미치는 영향력을 분석했다. 김효미(2005)와 박희진(2006), 김상곤(2007)은 설문조사에 기반을 두어 포항 철강산업 행위자들 간 네트워크의 성격을 규명하는 연구를 수행했다. 김효미(2005)의 경우 기술이전 네트워크에 초점을 두어, 포스코가 지역 선도 기업으로서 기술이전 및 산학연 네트워크의 핵심 허브 역할을 수행하고 있음을 밝혔다. 다만 이를 기업이윤 차원에서 구축된 것으로 평가하고 ‘폐쇄성’을 가진 ‘국지적 기술이전

메커니즘’이라고 명명했다. 박희진(2006) 또한 포항 철강공단 집적의 특성을 분석하였으며 포스코의 중심적 역할을 언급했다. 나아가 신소재분야 기술개발 동향의 변화를 부분적으로 언급하고 있으나 명확한 현상으로 잡아내지는 못하고 있다. 김상곤(2007)은 포항철강산업의 네트워크 유형을 여섯 가지로 구분하여 구축하고, 그것이 기업 성과에 미치는 구조를 규명했다. 그는 포스코와 포항공과대학교가 강력한 허브 역할을 하고 있으며 기업 간 네트워크가 활발하지 않다는 점에서 클러스터라고 보기 어렵다고 주장했다. 또한 연구개발 네트워크 내 행위자 간 친밀도와 구조적 공백 지위를 통한 독점적 정보 획득이 기업 성과에 중요한 요소임을 밝혔다. 신두인(2014)은 전통 입지론에 기반을 두어 철강산업 전반에 대해 공정에 거쳐 입지에 영향을 미치는 기술, 제도적 요인을 고찰했다. 그는 최근의 기술 혁신은 철강산업 입지 결정에 큰 영향을 미치지 못하고 있다고 평가했다.

## 2. 철강 제조공정 및 제품

### 1) 철강 제조공정

원료로부터 철강재가 생산되는 일련의 과정은 여러 공정으로 구성되어 있으며, 크게 제선, 제강, 압연 공정 세 단계로 나눌 수 있다. 제선은 철광석 및 코크스로부터 선철(pig iron)을 생산하는 부문, 제강은 선철 혹은 철스크랩을 이용하여 성능이 개선된 반제품인 강(steel)을 만드는 부문, 압연은 반제품을 가공하여 최종 제품을 생산하는 부문이다. 이 세 단계 공정을 동일한 장소에서 연속적으로 이루어지도록 배치한 것을 일관제철이라 부른다. 그리고 이 공정을 크게 상공정과 하공정으로 구분한다. 원료로부터 조강 및 반제품을 생산하는 제선과 제강, 연속주조, 열간압연까지를 상공정(upstream)으로, 최종 제품을 생산하는 냉간압연과 표면처리를 하공정(downstream)으로 분류한다. 세계철강생산의 통계는 각국의 조강생산량을 기준으로 생산능력을 평가하고 있기 때문에 상공정 설비와 조업 능력 보유 여부가 한 국가 철강산업의 경쟁력이라고 볼 수 있다. 각 공정에 소요되는 원료 및 설비를 중심으로 그 특성



을 알아보면 다음과 같다.

제선공정은 용광로에서 철광석을 녹여 선철을 만드는 공정으로, 한국표준 산업분류 상 제철업으로 분류된다. 설비의 높이가 높다하여 고로(blast furnace)라고도 부른다. 고로에는 철광석뿐만 아니라 철선능력 향상을 위해 코크스, 석회석이 배합되어 장입되며, 상변화, 열전달, 물질이동을 거친다. 고로 상부에는 장입되었던 광석류가 환원되고, 고로 하부에는 슬래그와 용선이 고이게 된다. 코크스는 고로 안에서 철광석을 녹이는 열원이자 이를 환원시키는 일산화탄소의 발생원이며, 석회석은 황 성분을 제거하는 역할로, 이후 고로 내 불순물과 결합하여 슬래그로 배출된다. 따라서 제선공정에는 재료를 사전 처리하는 소결공정과 코크스 제조공정도 포함된다. 용광로는 막대한 건설비가 소요되고, 섬세한 조업 능력을 요구한다. 또한 제선 . 초기 용광로는 지금과 달리 소규모였지만 설비 및 조업 기술이 발전하면서 점차 대형화되어 연간 생산량 500만 톤을 상회하는 대형 제철소가 등장하고 있다.

제강 부문의 경우 어떤 재료를 사용하느냐에 따라 그 성격이 달라진다. 주 재료로 선철을 사용하느냐, 철스크랩을 사용하느냐에 따라 각 전로와 전기로 설비를 이용하게 되며, 출하되는 제품 또한 차이가 있다. 우선 철광석을 이용하는 제선 설비를 통해 얻어진 선철에는 불순물이 다량 포함되어 있어 고품질의 철강 제품을 생산하기 어렵다. 따라서 탄소나 기타 성분을 감소시켜 고품질의 용강을 얻기 위해 제강 과정을 거치며, 이렇게 선철을 재료로 제강을 하는 경우에는 전로(converter)를 이용하게 된다. 전로 제강에서 산출된 용강은 연속주조공정을 거쳐 반제품인 슬래브(slab)로 생산된다. 한편, 선철 대신 고철이나 철스크랩을 수집하여 제선 공정에 이용하는 경우 전기로를 사용한다. 전기로(electric furnace)는 전기에너지를 이용해 가열하는 방식으로, 철스크랩을 쇳물로 녹여내 반제품을 생산한다. 연속주조공정을 거친 후 반제품인 대강판(bloom)과 소강판(billet)이 출하되며 이들은 슬래브에 비해 규모가 작다. 따라서 슬래브를 이용하여 대강판 및 소강판을 제작할 수 있으나, 그 반대는 불가능해 전로가 전기로에 비해 생산 범위가 넓다고 볼 수 있다. 전기로는 초기 설비투자비가 고로에 비해 적게 들고 경기변동에 유연한 대처가 가능하며, 재활용 재료를 이용하기 때문에 코크스와 석회석의 사용량을 줄일

수 있다는 장점을 지닌다. 그리고 설비가 비교적 단순하여 소규모의 미니밀(minimill) 형태로 발달하고 있다. 그러나 고로에 비해 생산 제품의 품질 및 생산 규모가 현저히 떨어진다는 한계가 있다. 또한 재료인 철스크랩이 전기로 제강 방식 전체 제조원가의 6~70%를 차지하여 업계 수익성에 큰 영향을 미친다.

압연은 반제품을 상온 또는 고온에서 회전하는 롤(roll) 사이로 통과시켜 여러 형상의 판재, 형재, 관재 등의 소재를 만드는 가공법이다. 압연 롤은 반제품 상태의 철강재를 원하는 형상과 규격의 최종제품으로 생산하는데 결정적인 역할을 한다. 반제품을 제품으로 가공하는 방법에는 주조(casting), 단조(forging), 압연(rolling) 방식이 있으나 철강제품에는 압연강재가 대부분을 차지한다. 압연은 타 가공법에 비해 단순한 형상의 제품을 능률적으로 만들 수 있는 우수한 방법이다. 압연은 재료의 재결정온도에 따라 고온으로 가열한 후 압연하는 열간압연(hot rolling)과, 열간압연을 거쳐 출하된 제품을 상온에서 한 번 더 압연하는 냉간압연(cold rolling)으로 구분된다. 열간압연은 1,100~1,300℃까지 가열하여 가소성이 양호한 상태에서 압연한다. 변형이 용이하지만 산화가 일어나기 때문에 표면이 거칠고 강도가 낮으며 얇은 것을 만들 수 없다는 단점이 있다. 열간압연을 통해 만들어진 열연강판은 그대로 판매되기도 하며, 일부는 냉간압연을 거쳐 다양한 제품으로 생산된다. 열간압연을 통해 만들어진 제품은 산업 전 분야에 쓰이고 있다. 한편 냉간압연은 열간압연을 거친 제품을 산성 용액에 담가 세척한 뒤 롤 형태의 프레스에 넣어 원하는 두께로 펴는 공정이다.

## 2) 철강 제품

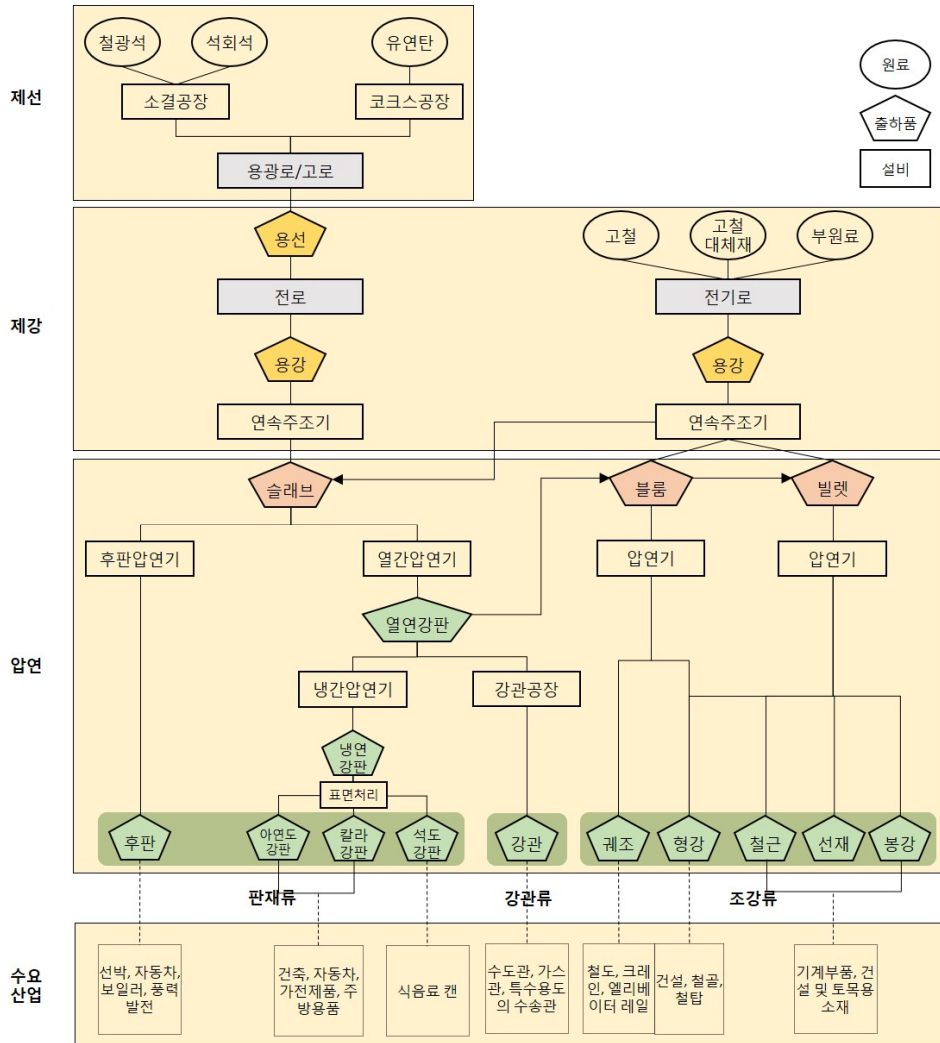
철강제품은 철강의 성분과 재질(보통강, 특수강), 제강법(립드강, 세미킬드강, 킬드강), 형상(조강류, 판재류 등), 인장강도(보통강재, 고장력강) 등 다양한 척도를 기준으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 형상을 기준으로 분류하고 그 특성을 살펴볼 것이다. 철강제품은 형상에 따라 크게 조강류(봉형강류), 판재류, 강관류로 분류된다.

조강류는 형강, 봉강, 철근 등 가늘고 긴 형상의 제품으로 대부분 블룸(대

강판; bloom)과 빌렛(소강판; billet)을 압연하여 생산한다. 조강류는 형강이나 철근과 같이 곧바로 건설업 재료로 이용되는 경우가 있으며, 봉강 및 선재는 부품기업을 거쳐 자동차, 기계 산업으로 공급된다.

판재류는 후판, 강판과 같이 넓고 납작한 형상을 가진 강판 제품을 의미한다. 강판류는 튜브형 제품을 지칭하며 후판을 재료로 하므로 넓은 의미에서 판재류로 분류되기도 한다. 이 둘은 일반적으로 슬래브를 가공하여 제조한다. 박판은 열간압연 혹은 냉간압연한 두께 3mm 미만의 강판을 지칭하는데, 열연-냉연 공정을 거친 것과 열연만 한 박판은 서로 매우 다른 성질을 지닌다. 후자인 열연박판 및 강대는 절단하여 출하되기도 하지만 대부분이 코일상태로 출하되기 때문에 열연코일이라고 불린다. 이후 냉연, 표면처리 등의 후공정을 거쳐 전기강판, 표면처리강판, 석도강판 등이 생산된다. 이들은 자동차 및 부품 소재, 가전제품 및 기타 소재로 다양하게 이용된다. 한편 두께 3mm 이상을 후판이라고 하며, 이는 그대로 선박구조블록으로 공급되거나 강판으로 제조되어 액체 수송 및 용기, 선박부품, 풍력발전부품 등으로 사용된다. 이외에 압연이 아닌 주조, 단조를 통해 가공된 주강품과 단강품이 있다. 주강품은 상대적으로 복잡한 형상의 제품으로, 금형/공구, 발전/신재생 산업, 우주항공 분야 등으로 공급된다. 단강품은 강한 압력을 통해 원하는 형상을 제조하는 것으로 재질이 치밀하고 단단하다. 주로 철도차륜 및 차축에 이용된다.

[그림 III-1]은 각 철강제품의 공정 과정과 수요산업을 나타낸다.



[그림 Ⅲ-1] 철강 제조공정 및 제품

\*주: 한국산업기술재단(2007), 한국철강신문(2007, 2008a, 2008b), 한국산업기술진흥원(2009)을 토대로 연구자 재구성.

### 3. 한국 철강산업의 특징

한국 철강산업은 비용, 수익구조, 시장구조의 측면에서 고유의 특징을 지니고 있다. 자세한 사항은 다음과 같다.

첫째, 설비에 대한 투자 선행이 필수적인 산업이다. 철강산업은 산업 활동에 필수적인 기초소재를 제공하는 기간산업으로서 막대한 설비 투자비가 소요됨에도 불구하고 많은 국가들이 자국 철강산업을 육성해왔다. 특히 상공정에 해당하는 제선 및 제강 시설은 막대한 비용과 시간, 넓은 부지, 많은 인력을 필요로 하며, 이로 인해 높은 진입장벽이 형성되어 있다. 국내의 경우 가장 최근에 준공된 당진 현대제철 제철소는 연간 생산량 700만 톤 규모로, 지반 및 항만공사에 2조원, 고로설치에 2조원 등 약 7조원이 소요된 것으로 알려져 있다. 포스코가 인도 오디샤주에 추진하고 있는 연간 생산량 1,200만 톤 규모 제철소의 경우, 약 13조원이 투자될 것으로 예상하고 있다. 하공정으로 내려갈수록 설비비용은 줄어들지만 상공정 설비의 부가가치가 더 크기 때문에 기업 및 각 국가들은 상공정 투자에 대한 유인을 지니고 있다. 실제로 2010년 전후로 포스코, 현대제철, 동부제철, 동국제강 등은 고로 및 전기로 등 상공정에 대한 투자를 단행했다. 또한 설비 투자는 일회성으로 그치는 것이 아니라 조업에 있어 신기술이 도입되거나, 새로운 강종을 생산하게 될 때마다 지속적인 투자를 필요로 한다. 이로 인해 철강산업이 설비 투자 대비 기술개발 투자가 지나치게 작다는 지적 또한 존재한다.

둘째, 전후방 산업 변화에 민감한 산업이다. 철강산업에서 생산되는 제품은 그 자체로 최종제품인 경우가 드물며, 대부분이 중간 소재로 사용된다. 이러한 특성으로 인해 국가 전체의 관점에서는 전후방 산업연관효과가 크다는 장점이 있으나, 자동차, 조선, 건설 등 주요 수요산업의 경기변동에 대한 민감도가 높다는 위험이 상존한다<sup>8)</sup>. 제품별로 서로 다른 수급구조와 전방교섭력을 가져 환경 변화에 대한 민감도가 상이한데, 특히 특정 철강제품에 대한 매출의존도가 높은 기업은 수요산업의 경기와 직결된다. 예컨대 철근의 경우 건설산업에 전량 공급되고 있어 IMF 이후 철근 집중도가 높은 한국철강 및

8) 특히 최근 중국, 인도 등 개발도상국의 철강 수요가 증가함에 따라 해당 국가 내 생산량이 증가하고, 2004년 철강 제품 무관세화로 시장이 개방되면서 경쟁 강도와 불확정성이 높아졌다.

단순 압연업체들이 큰 타격을 입은 바 있다. 또한 주요 수요산업인 자동차산업의 다양한 강재 및 고급 냉연제품의 요구를 충족하기 위해 기술 개발, 해외 진출 등 다양한 전략을 수행하기도 한다(김경찬, 2011). 수요산업뿐만 아니라 철광석 등 원료 산업의 영향을 많이 받는다. 원료 시장은 자원보유국의 규제 정책이 강화되고 있으며 세계 원료 공급사 3~4개 기업에 의해 과점되고 있어 철강사의 가격 교섭력에 악영향을 미친다. 예컨대 철광석의 경우 VALE, Rio Tinto, BHP Billiton 등 상위 5개 기업이 전체 시장의 2/3 가량을 점유하고 있다. 이러한 상황에서 주요 원재료를 해외시장에 크게 의존하고 있는 한국 철강산업이 받는 영향력은 지대하다고 평가할 수 있다.

셋째, 독과점 시장구조를 형성하고 있다. 특히 제철업의 경우 철강소비규모가 큰 몇 국가를 제외하고는 대부분 1국 1기업의 형태로 운영되며 국가 내 독점적 성격이 강하다. 한국의 경우도 마찬가지로 일관제철을 통해 생산되는 열연강판의 경우 2000년대 중반까지 포스코가 독점하는 시장이었다. 현대제철이 전기로 제강을 통해 280만 톤의 열연강판을 생산하였으나 포스코 생산량은 2,247만 톤으로 90%의 시장점유율로 사실상 독점시장이었다. 이후 현대제철이 고로, 동국제강이 전기로 건설로 상공정에 진출하여 열연강판을 생산하면서 현재의 과점형 시장을 구축하게 되었다. 열연강판 외 대부분의 제품들의 경우, 품목별로 차이는 있으나 대체로 2~10개 내외의 기업이 시장의 70% 내외를 차지하고 있다. 한국개발연구원(2010)의 시장구조조사<sup>9)</sup>에서 구축한 HHI<sup>10)</sup>에 따르면, 2008년을 기준으로 제철 및 제강업(2411)은 고위과점형이

9) 한국개발연구원(2010)은 사회적 후생 향상을 위해 시장의 경쟁도를 파악하고자 표준산업분류를 기준으로 연구를 수행했다. 시장의 경쟁도는 경쟁자의 수와 이들 간의 상대적 규모분포(시장구조), 초과이익이 존재할 경우 새로운 기업의 진입가능성(진입장벽), 공급자와 수요자간의 교섭력 차이, 공급자와 수요자 간 정보 비대칭성 정도 등 여러 가지 요인의 영향을 받는다. 이중 시장구조는 경쟁도를 정량적으로 측정하는데 중요한 지표로 여겨지며, 이 연구에서는 집중도 지수인 CR3(상위 3사 집중률), HHI(허쉬만-허핀달 지수)를 사용하여 시장구조 및 경쟁도를 분석했다. 산업 전반에서 2000년대 초반까지 불균형 정도가 계속해서 감소했으나, 2000년대 중반 이후 다시 증가하는 추세를 보이는 것으로 나타났다. 한국표준산업분류의 한계로 인해 동태적 분석을 부적합하지만 시장구조를 파악하는 데 있어 보조적인 기준으로 활용 가능할 것으로 보인다.

10) HHI(Herfindahl Index; 허쉬만-허핀달지수)는 특정시장에 참여하고 있는 모든 기업의 시장점유율의 제곱치를 합한 것으로 정의된다. 각 기업의 시장점유율을 가중하기 때문에, 상위기업이 하위기업에 비해 더 큰 가중치를 갖게 되며, 이를 통해 시장구조를 정확히 예측할 수 있어 우수한 지수로 여겨진다. 이는 동등규모 기업 수 및 경쟁유형 분류와 연동되어 다음과 같이 직관

며 그 중에서도 제강업은 준독점형 시장인 것으로 나타났다. 철강 압연, 압출, 연신제품 제조업(2412)과 철강관제조업(2413), 표면처리 등의 기타 철강산업(2419)은 중위과점형이다. 세세분류 상 철강선 제조업(24123), 강관 제조업(24132)은 경쟁형에 해당한다. 즉 하공정은 경쟁형에 가까운 반면, 상공정은 비교적 시장 경쟁강도가 약하고 가격교섭력이 강한 과점적 구조를 형성하고 있다. 최근 상공정 투자 증대로 이러한 경향은 다소 완화되긴 하였으나, 한국 철강산업은 상공정-하공정 간 수급불균형으로 인한 상공정의 시장 지배력이 강한 시장 구조임을 알 수 있다.

적으로 이해할 수 있다.

HHI	동등규모 기업 수	경쟁유형
0~500	20개 이상	경쟁형
501~1,000	20개 미만	저위과점형
1,001~2,000	20개 미만	중위과점형
2,001~5,000	5개 미만	고위과점형
5,001~9,000	2개 미만	준독점형
9,001~	1.1개 미만	독점형

## 제2절 한국 철강산업의 변화

### 1. 기술적 다양화 및 고도화

세계적으로 철강산업 내 핵심 공정기술은 약 10년을 단위로 주기적으로 등장했다. 1960~70년대 순산소상취전로법, 1970~80년대 연속주조기술, 1980~90년대 자동공정, 일간직접압연의 발명을 들 수 있으며, 이 혁신은 소수의 철강 엔지니어링회사와 철강설비제작업체가 주도해왔다는 특성을 가진다(송성수, 1999). 이는 생산 설비의 교체를 요구하는 수준의 혁신이었기 때문에 설비교체를 통해 변화에 적응하지 못하는 기업은 산업 내에서 도태되는 결과를 낳기도 했다. 오늘날 철강산업은 성숙산업으로서 품질개선, 생산능력 증대, 원가절감 등과 같은 공정혁신과 제품혁신에 중점을 두고 있다. 주로 공정혁신에 집중되어 있고 제품혁신은 후공정에서 발생한다는 특징이 있다.

우선 공정혁신의 경우 자동화, 공정 단축 등을 통한 원가절감 기술 개발과 온실가스 규제 정책에 대응하는 친환경 기술 개발에 초점을 두고 있으며, 이들은 공정을 단축하면 오염물질 방출이 줄어드는 경우가 많다는 점에서 상호 연관되어 있다. 예컨대 파이넥스 공법은 포스코가 1992년부터 RIST, 오스트리아의 피스트-알피네사와 공동으로 개발해 2007년부터 상용화 단계에 진입한 차세대 제철법이다. 기존 고로 공법과 달리 원재료 가공 공정을 거칠 필요가 없어 비용이 절감되며 오염물질 발생이 줄어든다는 장점을 가지고 있다. 이외에 스트립 캐스팅 등의 기술을 통한 공정 단축이나, 공정 자동화 등의 연구가 진행되고 있다. 이러한 공정 혁신은 주로 작업장에서 이루어진다는 특징을 지닌다. 기술 고도화로 인해 기존 작업장 학습 개념의 유효성에 의문이 제기되기도 하였으나 유럽 철강산업 사례연구를 한 Stroud and Paribrother(2006)와 신일본제철과 대영제철 비교연구를 수행한 Collinson(1999) 등에 따르면 개인 간 경험을 통한 점진적 개선, 즉 실천에 의한 학습이 여전히 유효한 것으로 분석되었다.

제품혁신은 세계 시장에서 개발도상국과의 차별화를 도모하고 선진국을 추격하기 위한 제품 다양화 및 고기능화에 초점을 두고 있다(김주한 외, 2006).



이는 주로 수요산업과의 연계 안에서 이루어진다는 특징이 있다. Misa(1995)는 수요산업과의 상호작용이 초기 미국 철강 기술 진화의 핵심적 요소였음을 주장하면서, 철도, 고층빌딩, 자동차 발명 등의 예시를 제시한 바 있다. 수요산업의 중요성은 오늘날 더 심화되고 있는 것으로 보인다. 예컨대 자동차산업에서는 차량의 경량화를 통한 비용 감축과 온실가스 배출량 제고를 아젠다로 삼고 있다(모세준, 2013). 철강이 아닌 알루미늄, 마그네슘 등 대체 소재를 활용한 고강도 특수강 개발이 기술 개발의 초점이 되고 있으며, 이로 인해 철강사와 자동차업체와의 공동 연구가 증가하고 있다. 2005년 일본철강협회 심포지움에서 또한 새로운 기술개발 동향으로 경량화, 표면처리기술, 재료의 지속가능성 확보, 이산화탄소 배출 비용 제약 대응 기술을 꼽으면서 이를 위해 제휴 및 공동개발 활동이 중요하며 실제로 다양한 협력 방법이 나타나고 있다고 언급한 바 있다<sup>11)</sup>. 한국산업기술평가관리원(2011)에서 수행한 철강분야 주요 기술별 가치사슬 및 기술수준 조사에 따르면, ‘전기전자용 고방열 알루미늄 합금 소재’, ‘태양전지 기관용 금속박막 소재’, ‘항공기용 고강도 Ti 판재’, ‘고효율 배기계용 페라이트계 고성형성 내산화강’ 등 대부분이 전방 산업의 수요에 기반을 두고 있으며, 동시에 비철금속을 활용한 특수강 제조에 기술의 초점이 맞추어져 있다. 따라서 제품혁신은 주로 후공정을 통해 이루어지며, 생산 현장보다는 전문적인 연구 개발인력에 의해 수행된다는 것이 특징이다.

기존 한국 철강산업 기술을 다룬 문헌은 다음과 같다. 한국 철강산업의 도입 및 내재화<sup>12)</sup>에 대한 연구는 대부분 포스코를 중심으로 이루어졌다. 한국은 전반적인 세계 기술 흐름 속에서, 비교적 최신 기술을 가지고 선도적 역할을 하고 있던 일본의 것을 도입 및 내재화했다. 송성수(2002)는 포스코가 신일본제철로부터 기술을 도입하는 과정을 분석하였는데, 일본으로의 연수와 숙련기술자 방문 훈련이 포스코가 조업에 관한 지식 기반을 갖추는 데에 중대한 역할을 담당했다고 분석했다. 이는 Ribeiro(2007)이 일본-포르투갈 기술

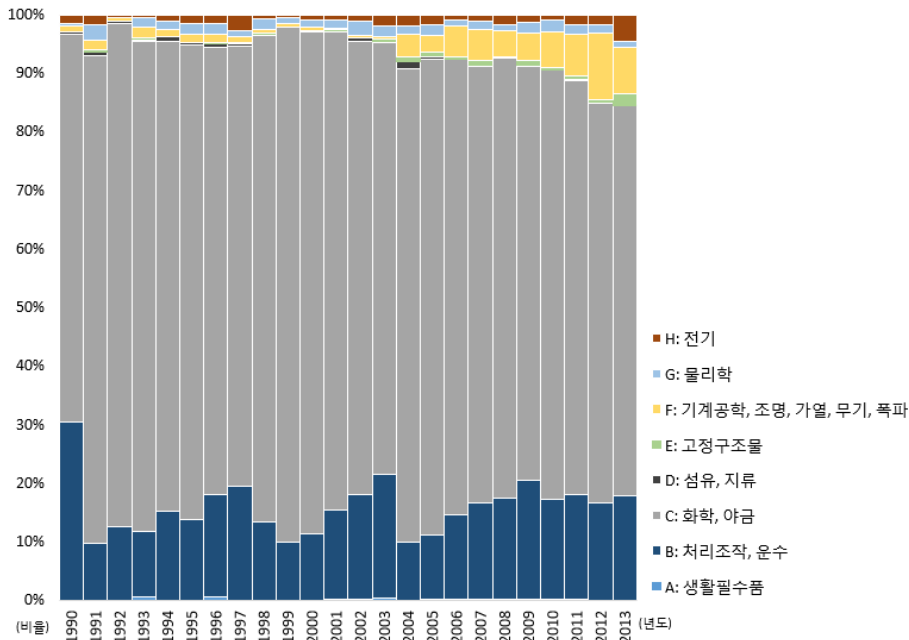
11) 스틸데일리 2005.10.25. 급변하는 세계의 철강기술 특집기사

12) 한국의 기술발전 과정에 대한 이론에 따르면 기술의 발전단계는 일반적으로 도입, 내재화, 창출로 구분된다(김인수, 1980; 이진주, 1985; 송성수(2002)에서 재인용). 본 분석에서 또한 이 세 단계로 구분하여 문헌을 분류, 정리했다.

이전 과정을 분석한 연구와 Lazaric et al.(2003)이 프랑스 용광로 관련 기술의 형식화 과정을 연구한 것에서와 마찬가지로, 철강산업의 기술지식은 형식화가 어려우며 작업장 학습(workplace learning; Stroud and Pairbrother, 2006) 혹은 실천에 의한 학습(learning-by-doing)과 숙련인력의 역할이 중요한 요소라는 점을 강조한다. 이 시기에는 포스코는 주로 차관 등을 통하여 기술지식을 구매했으며, 많은 경우 조업 훈련 협약을 동시에 체결하여 지식을 습득했다. 이후 기술 창출기에 대한 연구 또한 포스코의 특정 기술 개발 활동과 관련된 연구에 집중되어 있다<sup>13)</sup>. 특히 2000년대의 기술 발전에 대해서는 포스코의 파이넥스 공법 개발에 초점을 둔 연구들이 수행되었다. 연구자들은 이 새로운 고로 공법 개발을 ‘기술창출(정기대, 2009)’, ‘기술실현(송성수·송위진, 2010)’, ‘기술추격(박재민 외, 2011)’을 실현한 대표적인 사례로 꼽고 있다. 그리고 성공 요인으로 최고경영층의 결단(정기대, 2009), 기술 패러다임의 유동기 진입(박재민 외, 2011), 적절한 기술선택·나선형 기술개발방식·상호보완적 기술협력·중량급 프로젝트 매니저의 존재·초기 단계 정부지원(송성수·송위진, 2010) 등으로 분석했다.

실제 한국 철강산업의 전반적인 기술 변화를 분석하기 위해 전체 출원 특허의 IPC 코드를 분석했다. 우선 IPC 1-digit 코드 8개의 분포는 다음 [그림 III-2]와 같다. 화학, 야금 섹션인 C 코드와 처리조작, 운수 섹션인 B 코드의 비율이 가장 높은 가운데, 시간이 지날수록 F 및 H 코드의 비율이 증가하고 있다. F 코드는 기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발 섹션, H 코드는 전기 섹션에 해당한다. 즉, 기존 순수 금속 및 비금속과 관련된 특허에서 기계 및 전기 등으로 출원 기술 코드의 다양성이 증가하고 있다고 해석할 수 있다.

13) 송성수(2002)는 도입 및 내재화기를 넘어 그 이후 발전 메커니즘을 가장 포괄적으로 연구했다. 그는 1970년대에 일본의 협력을 바탕으로 해외연수 및 모의 훈련과 실제 가동을 통해 기술체계 및 구성요소를 습득하였고, 1980년대에는 기존 체계 내 구성요소를 혁신함으로써 선진 기술을 추격했으며, 1990년대에는 새로운 기술을 창출하기 시작했다고 분석했다.



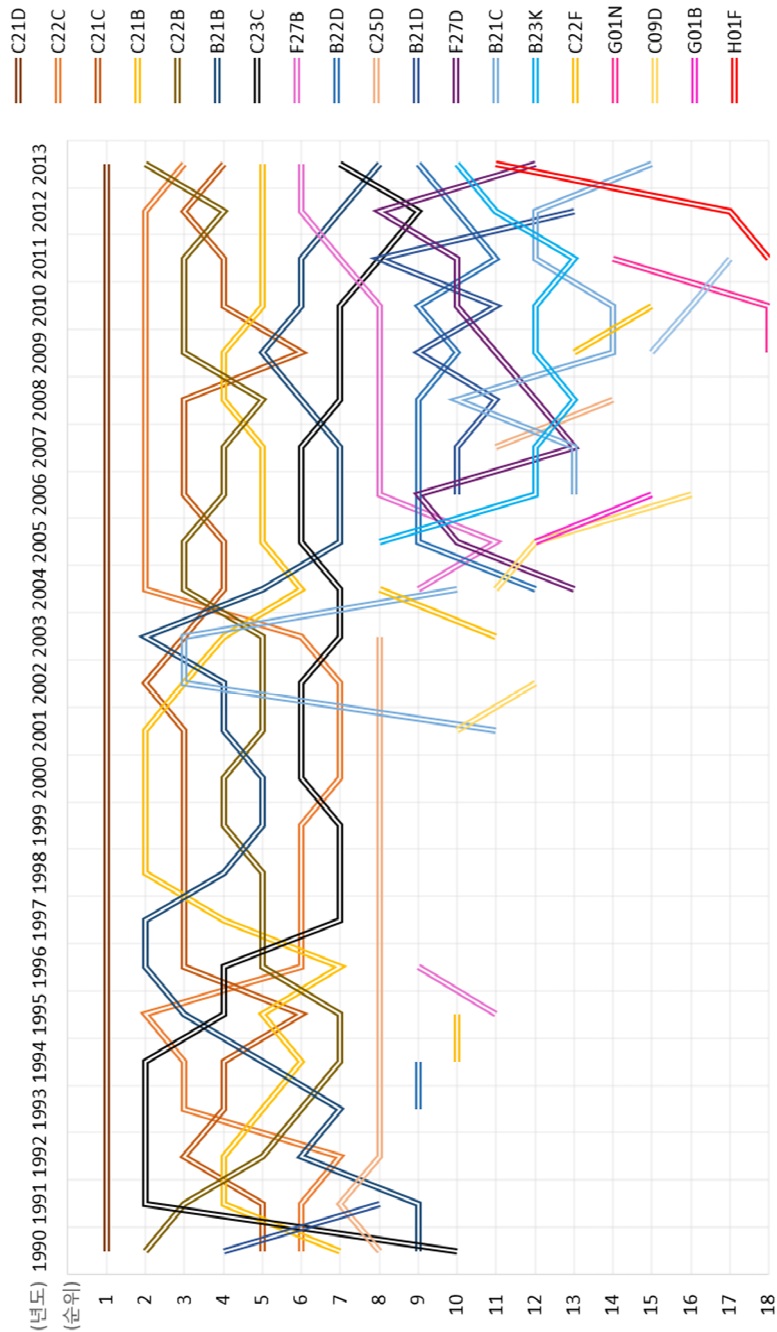
[그림 Ⅲ-2] IPC 1-digit 코드 특허 출원 빈도 추이

IPC 3-digit 코드의 추이 분석을 통해 좀 더 자세한 기술적 동향을 살펴본다. 우선 전반적인 경향을 살펴보면, 코드 종류가 1990년 27개의 코드에서 2000년 47개, 2013년 59개로 그 수가 증가한 것으로 나타났다. 그 중 가장 등록 빈도가 높은 20개의 코드를 선별하여, 시계열에 따른 해당 코드의 빈도 순위 변화를 살펴보았다<sup>14)</sup>([그림 Ⅲ-3]). 1990년 상위 20개 코드의 전체 코드 대비 비율은 88.3%였으나, 점차 감소하여 2012년에는 79.8%, 2013년에는 73.6%를 차지했다. 즉 소수 코드의 독점적 출원 경향이 완화되고 다양성이 증가한 것이다. 또한 상위 20개 중 6개(B21C, B23K, F27B, F27D, G01B, H01F)는 2004년 이후 상위권으로 새롭게 진입했다. 따라서 해당 시기 이후 한국 철강산업 내에 기술적 변화가 존재했음을 유추할 수 있다.

각 상위 20개 코드의 추이를 살펴보면 다음과 같다. 상위 5위권은 전년도에 걸쳐 1-digit C 코드가 차지하고 있다. 우선 C21D는 전체 출원 코드 중 23.6%를 차지하여 전년도 1위를 유지했다. 2위인 C22C는 90년대 중반부터

14) 각 코드의 자세한 내용은 <부록 A>에 정리했다.

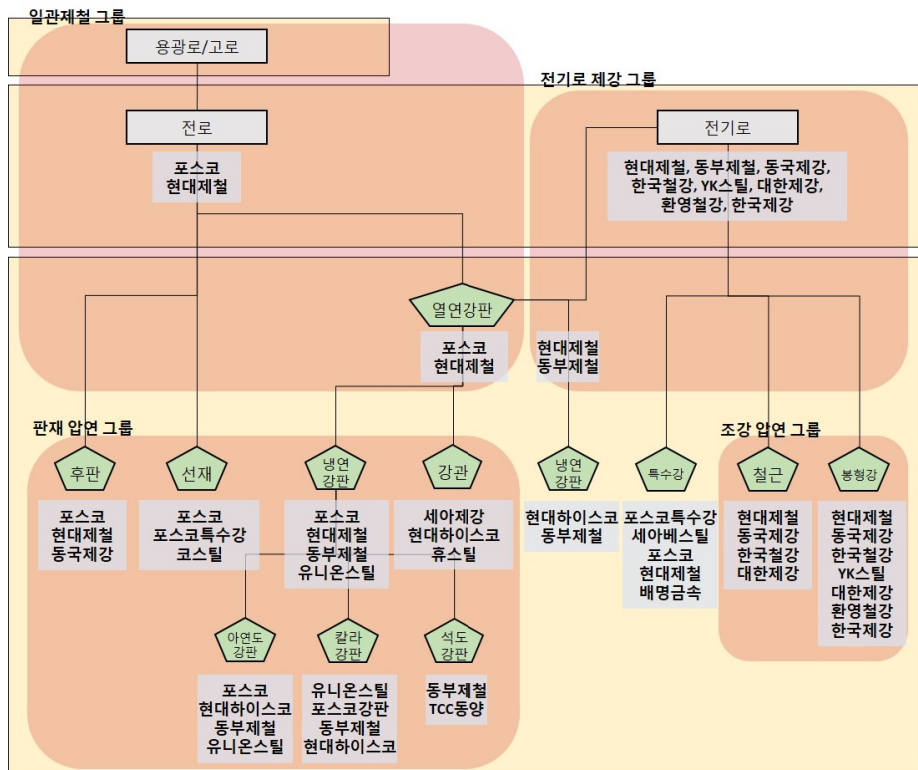
2003년까지 6~7위였으나 2004년 이후 출원 빈도가 증가하여 이후에는 2위를 유지했다. 이는 특수강 수요 증가가 합금 기술 개발로 이어졌음을 시사한다. 4위인 C21B는 2004년 이후 순위가 소폭 감소했다. C21B는 1997년부터 2002년 사이에 2~3위로 출원 수가 증가한 바 있는데, 이는 상공정에 해당하는 포스코의 파이넥스 관련 기술 개발에 기인한 것으로 보인다. 5위인 C22B는 점차 출원이 증가하여 2013년에는 2위를 차지했다. 비용 절감을 위한 원료의 처리, 즉 전처리 공정에 대한 개발이 증가했음을 보여준다. 이외에 특기할만한 점으로 각 8위와 9위인 C25D, B21D가 2004년 이후에는 10위권 밖으로 밀려났다는 것을 지적할 수 있다. 이는 후공정과 관련된 전해피복, 금속 가공과 관련된 기술 개발이 상대적으로 감소했음을 의미한다. 한편 전술한 바와 같이 2004년 이후 새롭게 순위권에 진입한 코드들이 존재한다. B21C, B23K, F27B, F27D, G01B, H01F가 그것이다. F27B와 F27D는 용광로 자체에 대한 것으로 2000년대 중반 수행되었던 포스코의 파이넥스 개발을 반영하는 것으로 보인다. G01B의 경우 표면 정밀도 측정에 대한 코드로 고기능 강재 개발로 인해 정밀도와 관련된 기술 개발에 적극적으로 참여하게 되었음을 시사한다. 마지막으로 H01F는 자기 특성을 갖는 재료와 관련된 특허 코드로 자동차 강판 개발에 필수적인 방향성 강판 개발이 증가했음을 보여준다.



[그림 Ⅲ-3] IPC 3-digit 코드 특허 출원 빈도  
상위 20개 순위 변화

## 2. 조직적 통합화 및 유연화

철강산업에는 제선-제강-압연의 각 생산 공정을 바탕으로 행위자 간 상호 계층구조가 존재한다(한국신용평가, 2014). 이러한 계층구조 안에서 세부산업이 분업화되어 있으며, 각 세부산업은 고유의 특성을 지닌다. 세부산업은 보유 설비 및 제품에 따라 상공정에 해당하는 일관제철과 전기로제강, 그리고 하공정에 해당하는 판재압연과 조강압연 총 네 가지 그룹으로 구분할 수 있다(그림 Ⅲ-4). 그룹별 행위자 자체의 특성과 행위자 간 관계의 특성으로 구분하여 한국 철강산업의 조직적 변화를 살펴보았다. 상공정 그룹에 속하는 기업들 중 하공정을 겸하는 경우에는 상공정을 중심으로 서술했다.



[그림 Ⅲ-4] 한국 철강산업 계층구조

\*주: 한국철강신문(2007), 한국신용평가(2014)를 토대로 연구자 작성.

각 공정별 참여 기업들의 설비 및 특성은 다음과 같다. 일관제철그룹은 제선 공정뿐만 아니라 제강 및 압연 공정까지 연속적으로 이루어지기 때문에 고로 및 연속주조 설비를 겸하고 있다. 국내 고로업체로는 포스코와 현대제철 두 개의 기업이 있다. 포스코는 1973년 연간 생산량 103만 톤 규모의 고로 1기 설비를 건설한 이후 1990년대 중반까지 포항제철소 고로 4기, 광양제철소 고로 5기 등 총 2,800만 톤 규모의 조강생산력을 갖추었다. 현대제철은 2009년 420만 톤 규모의 고로 1기, 2010년 420만 톤 고로 2기를 준공하면서 2000년대 후반 일관제철업에 진출했다. 포스코 또한 2000년 이후 파이넥스 공법 개발에 힘입어 2003년 60만 톤 규모의 1공장, 2007년 150만 톤 규모의 2공장, 그리고 2013년 270만 톤 규모의 3공장을 증설했다. 해외에서의 제철업 투자도 늘어났다. 과거 하공정에 집중되어 있던 해외 투자에서 점차 확대되고 있는 추세이다. 포스코는 인도네시아에 300만 톤의 고로 건설을 추진하고 있으며, 동국제강 및 발레사와 합작하여 브라질에 연간 생산량 300만 톤 고로 건설 프로젝트에 투자하고 있다. 이 그룹은 한국 철강산업의 수급불균형을 기반으로 강한 시장 지배력을 가진다. 다음 철스크랩을 이용하여 철근, 형강 등을 생산하는 전기로제강그룹은 현대제철, 동부제철, 동국제강, 한국철강, YK스틸, 대한제강, 환영철강, 한국제강으로 이루어져 있다. 전기로를 사용해 특수강을 생산하는 업체로는 세아베스틸, 포스코특수강 등이 있다. 대다수가 1990년대 초반에 설비를 구축하였고, 동부제철의 경우 2009년 열연 제품을 생산할 수 있는 전기로를 가동하면서 열연 시장에 진입하게 되었다. 판재압연그룹은 냉간압연 및 표면처리를 통해 도금강판, 컬러강판 등을 생산한다. 현대하이스코, 동부제철, 유니온스틸 등이 그에 해당한다. 이들은 고로업체로부터 열연강판을 조달해야 하고 만성적인 과잉공급 상태라는 점으로 인해 가격 교섭력이 약하고 외부환경 변화에 취약하다는 특성을 지닌다. 마지막으로 조강압연그룹은 전기로에서 생산된 반제품을 철근 및 선재 등의 최종제품으로 가공한다. 영세한 중소기업들이 난립해 있는 상황이다. 제조공정이 가장 단순하여 품질차별화의 여지가 작으며 가장 경쟁강도가 높다.

각 그룹의 기업 유형 또한 상이한 특성을 보인다. 일관제철그룹과 전기로제강그룹에 속한 기업은 포스코, 현대제철, 동국제강, 동부제철, 한국철강, 대

한제강, YK스틸, 환영철강, 한국제강 총 9개로 이 중 4개가 대규모 기업집단에 소속되어 있다. 포스코, 현대제철, 동국제강, 동부제철은 2014년을 기준으로 국내 40대 대규모 기업집단<sup>15)</sup>에 속한다. 한국철강은 동국제강그룹에서 계열 분리되어 환영철강을 인수하여, 현재 지주회사 형태의 기업집단에 속해 있다. 그 외 기업집단에 속하지 않은 대한제강, YK스틸, 한국제강은 전기로 제강업으로 주로 철근 및 선재를 생산하며, 설비 및 출하량이 상대적으로 소규모이다. 판재압연그룹인 포스코강판, 현대하이스코, 현대비앤지스틸, 유니온스틸, 세아제강 등은 대부분 상공정 설비를 갖춘 기업의 계열사이다. 이들은 모기업 혹은 관계사의 반제품을 안정적으로 공급받아 부가가치를 더해 최종 제품을 생산하는 역할을 담당한다. 한편 조강압연그룹은 다수의 중소기업들로 이루어져 있다. 기존 조강 압연 설비를 가지고 있던 대기업들은 2000년대 들어서 설비를 중소기업들에게 매각했다<sup>16)</sup>. 네 가지 그룹 외에 철강산업 내에는 철강재 단순 가공 업체와 유통 및 소매업체들 존재하는데, 이들은 각각 5,000개, 10,000개가량이며 이윤이 매우 낮은 것으로 알려져 있다(한국철강신문, 2007). 또한 각 생산 설비 주변에는 조업 기술 및 설비 관리와 관련된 다수의 하청업체들이 입지한다. 즉 상공정 기업을 중심으로 하공정 기업들과 다수의 중소기업들이 사업 활동을 하는 집적지를 형성한다. 포항철강산업단지 내 포스코와 하청 및 협력업체 간 기술제휴에 관해 연구한 김효미(2005)에 따르면, 포스코의 ‘devide rule’<sup>17)</sup>로 인해 협력업체들의 포스코에 대한 의존도가 매우 높고 기술이전의 경로의존성이 심화되고 있다고 평가한 바 있다. 이러한 전략을 통해 포스코는 안정적으로 하청기업을 확보할 수 있을 뿐 아니라 기술적 성과에 대한 이득을 최대한 확보할 수 있게 된다.

한국 철강산업은 위와 같은 계층 구조 내에서 조직적 통합화와 유연화를 경험했다. 기존 철강산업에서는 축적된 조업 기술과 숙련 노동력이 경쟁력의

15) 공정거래위원회 기업집단정보포털 2014.10.07. 검색

16) 2005년 현대제철은 대주중공업에게, 한국제강은 우노제강과 항진제강에 매각했다(한국철강협회·산업연구원, 2006).

17) ‘devide rule’이란 항시 고정된 원료공급업체를 확보하여 안정적으로 원료를 납품받기 위해 각 공정단계마다 세분화 시켜 그에 합당한 협력업체에 하청을 두고, 필요한 기술을 제공하는 기업 내부 정책이다. 기술 제휴와 동시에 신기술로 생산된 제품에 대해 초기 일정기간(5~7년) 동안 독점적 확보라는 조건을 걸고 있어, 해당 기간이 지나면 타 업체가 제품을 납품할 수 있도록 하여 경쟁우위를 유지하는 전략이라고 볼 수 있다.



핵심이었으나 1980년대부터는 다양한 금융 및 경영기법을 동원하는 새로운 전략이 등장했으며, 이러한 경향은 2000년대 이후 매우 활발해졌다. 우선 세계적으로 대규모 인수합병을 통한 거대기업의 탄생이 늘어났다. 원료의 안정적인 조달, 시장 확보, 글로벌 생산 체계 채비 등의 목적으로 초국적기업이 나타나게 되었다. 대표적인 사례로 네덜란드 철강기업 미탈그룹(Mittal)은 2006년 경쟁사였던 아르셀로사(Arcelor)를 적대적 인수 합병함으로써 기존 3,100만 톤이었던 조강 생산량에서 1억 1,800만 톤으로 극적인 사업 확대를 이루었다. 한국의 경우 국내 대규모 기업집단을 중심으로 수직적 통합화가 이루어졌다. 국내 상공정 설비를 갖추고 있는 대다수의 기업들은 인수합병 혹은 계열분리를 통해 발전해왔다. 특히 1997년 IMF 이후 대규모 구조조정 시기, 부도 후 남겨진 설비를 구매력이 있는 대규모 기업집단에게 매각하면서 각 기업들은 고유의 설비와 조직적 특색을 구축했다<sup>18)</sup>. 예컨대 현대자동차그룹은 2000년 강원산업 포항공장을 인수했고, 같은 해 삼미특수강을 인수하여 현대비앤지스틸로 사명을 변경했다. 이후 2004년에는 한보철강 당진공장을 인수했다. 이를 통해 일관제철소에서 “쇳물과 자동차용 열연강판을 생산해 현대하이스코에 공급하고, 현대하이스코는 이 제품을 소재로 자동차용 냉연강판을 생산·공급하는 수요-공급 라인을 갖추게” 되고, “현대·기아차는 자동차를 생산하고 또 폐차를 처리하고, 폐차가 다시 현대제철로 들어오면 고철 스크랩을 전기로에서 재활용해 철근을 생산하는 ‘자원순환형 사업구조’를 형성<sup>19)</sup>” 하고자 한 것이다.

한편 제도적 변화로 2000년에는 포스코가 민영화되었고, 2004년에는 철강재 관세가 철폐되면서 시장 전반적으로 유연화가 진행되었다<sup>20)</sup>. 서구권 기업들이 인수합병에 활발한 반면, 아시아권의 기업들은 인수합병보다는 전략적 제휴를 선호하는 경향을 보인다. 기존 기업 간 전략적 제휴는 기술 협약 수

18) 경제위기 이후 인수합병 건수의 급격한 증가는 한국 기업 환경 전반적인 변화의 일부였다. 김은미 외(2005)는 기업 구조조정과 기업 연결망에 대한 사회학적 분석을 통해, 사실상 기업 지배구조에 실질적 변화가 없었다고 주장했다.

19) 한겨레21, 2008.01.24. 제695호

20) 한래희(1999)는 미국의 철강보호무역주의 움직임과 한미 통상마찰로 인해 국내 제도적 조치가 이루어지는 과정을 다루고 있다. 미 하원에서 제출된 법안과 관련 USTR의 보고서는 한보철강에 대한 보조금 지원 철폐 및 매각 요구, 포스코 내수가격 통제 여부 쟁점화 및 민영화 요구를 담고 있다.

준이었으나 최근에는 경쟁기업 및 수요산업 기업들과의 R&D, 조달, 생산, 판매 등 가치사슬 전반으로 확대되고 있다. 특히 해외 상공정 투자, 자원 개발 등 개별 기업이 단독으로 진출하기에 위험이 큰 사업 분야에서 활발한 양상을 보인다(산업은행, 2006). 이러한 경향은 산업 내 비슷한 경쟁력을 가진 기업들이 늘어나면서 기업 내부의 자원만으로는 경쟁우위를 유지 및 확보하기가 점차 어려워졌기 때문에 동원된 전략이다(탁승문, 2006; Koka and Prescott, 2008). 이외에 지분 기반 제휴를 통해 적대적 M&A를 방지하고, 규모의 경제 실현을 통해 원료공급사에 대한 교섭력 강화를 도모하려는 목적을 지닌다. 한국 철강기업도 마찬가지로 한보철강 매각이 종료된 2004년 이후에는 인수합병보다는 해외 기업 및 국내 타 기업들과 J/V, 공동 유통 협약, 기술 협약 등 형식의 행위자 간 네트워크 구축이 활발해졌다<sup>21)</sup>. 철강산업 내 경쟁자 혹은 수요-공급자 관계뿐만 아니라, 비철소재 기업, 엔지니어링 기업 등 네트워크의 범위가 넓어졌다. 특히 기초과학역량을 필요로 하는 2차 소재 산업으로의 진출 시 신규 진입을 통한 위험 부담보다는 전략적 제휴를 선호하는 것으로 나타났다(배용호 외, 2005).

---

21) 철강산업 내 행위자 간 네트워크 구축에 대해서는 본 연구의 4장과 5장에 걸쳐 다루고 있다.

### 3. 지리적 분산화 및 다중입지

세계 철강산업의 주도권은 시대가 지남에 따라 지리적으로 이동해왔다. 신 기술을 개발한 국가가 경쟁력 우위를 점하다가 기술이 표준화된 이후에는 기업 간 국가 간 평준화가 이루어진다. 그리고 이후 경쟁국에서 새로운 기술을 개발할 시 주도권이 이동하는 방식으로 지리적 이동을 경험했다. 18~19세기 영국에서, 20세기 전반 미국, 20세기 후반에는 일본 순으로 이동했다. 70년대 석유과동을 거치며 조강 생산의 정체를 경험했던 철강산업은, 2000년대 이후 중국, 인도 등 개발도상국 시장의 급성장으로 26년간의 정체기를 탈피하고 연간 7.7%의 성장률을 보이고 있다(한국철강신문, 2007).

한국 철강산업의 지리적 특성을 살펴보면 다음과 같다. 초기 한국 철강산업은 해방 이후 일본이 남기고 간 설비를 이용한 소규모 제철소가 삼척, 인천, 부산 등지에 입지했다. 이는 강원도의 석탄을 활용하거나 대도시의 전후(戰後) 고철을 이용하기 위함이었다. 이후 경제개발5개년정책 및 동남권 개발이 이루어짐에 따라, 수출입에 용이한 해안가에 새로운 투자가 이루어지기 시작했다. 1970년대 포항제철 설립 이후 포항과 경상북도 등지<sup>22)</sup>, 그리고 1980년대 광양제철소 설립 이후에는 광양과 전라남도 등지를 중심으로 철강산업이 발달했다. 1990년대 이후에는 아산만권 광역개발계획과 지역균형개발정책 등의 영향으로 군산, 당진 등에 철강산업단지가 건설되었으며<sup>23)</sup>, 수도권 공장규제정책으로 안산, 평택 등 경기도 남부 지역에 관련 업체들이 집적하는 양상을 보인다. 1997년 외환위기 이후 다수의 철강업체들이 도산하면서<sup>24)</sup> 서해안권의 성장이 주춤했으나 1997년부터 2004년에 걸친 대규모 구조조정과 조업 안정화를 통해 다시 성장세를 보이고 있다<sup>25)</sup>.

[지도 III-1], [지도 III-2]을 통해 2000년대 이후 당진을 중심으로 충청권의

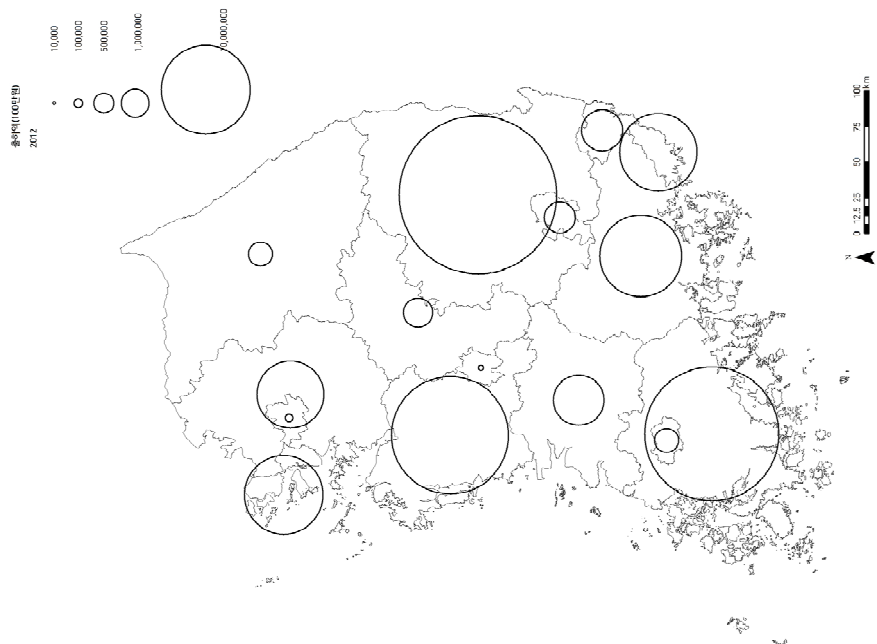
22) 대다수의 문헌에서 포항제철의 성장과 영안만 및 광양만 개발은 개별 기업보다는 한국경제 성장의 거시적 차원에서 분석하고 있다(류상영, 2011; 전상인, 2011). 특히 장세훈(2013)은 다중스케일 관점에서 포항제철 설립의 사회공간적 특성을 분석하며, 입지 선정 과정과 지역사회 네트워크를 다루었다.

23) 아산만권 광역개발계획은 수도권 기능 분산, 서해안 개발의 교두보, 환황해 경제권 진출을 목적으로 하며, 아산항 개발, 산업단지 조성, 고속도로 건설 등의 내용을 담고 있다(국토부, 1992). 특히 산업단지 조성의 경우 한보철강단지의 내용을 포함하고 있다. 아래 그림은 동아일보(1996.11.25.)에서 보도한 계획도이다.

성장이 두드러짐을 확인할 수 있다. 이러한 변화는 [지도 III-3]의 가중평균중심<sup>26)</sup>(weighted mean center)이 점차 북서쪽으로 이동하고 있는 것에서도 드러난다. 가중평균중심은 2000년 구미시 남쪽(x: 323,813, y: 291,671)에서 2013년 김천시 서쪽 끝단(x: 289,895, y: 293,104)으로 약 34km 가량 이동했다. 또한 2013년 종사자수 기준으로 LQ지수<sup>27)</sup>를 지도화한 결과 포항, 광양, 당진이 철강산업의 거점 역할을 하고 있음을 알 수 있다.



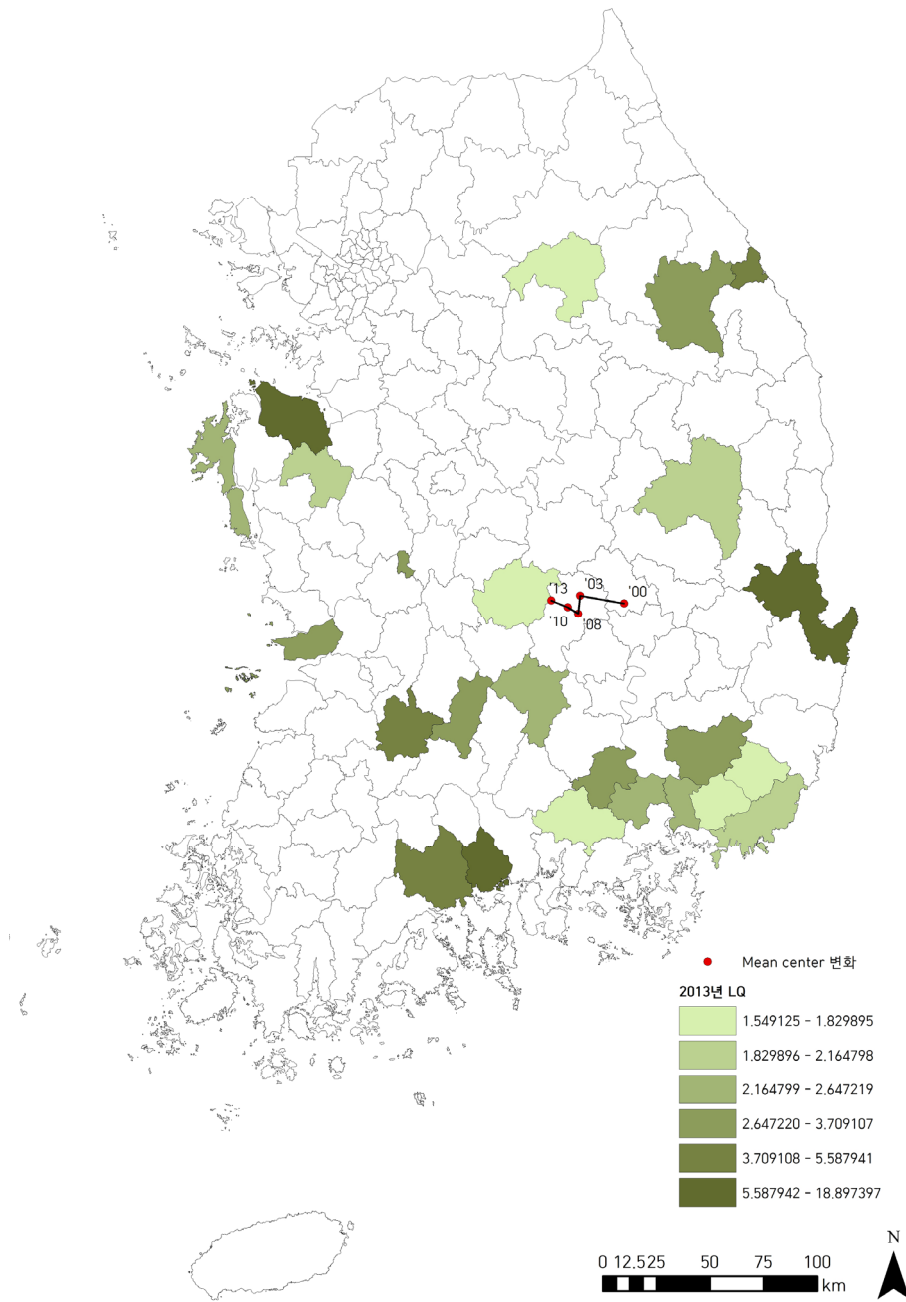
- 24) 김천옥(2014)은 국내 정치경제적 상황 내에서 한보그룹의 아산만 개발 과정과 경영 전략을 논의하고 있으며, 이종인(2012)은 한보철강이 현대제철로 매각되는 과정과 당진 지역 내의 대응 등을 다루었다.
- 25) 특히 1997년 1월 한보철강 부도 이후 당진 제철소의 매각은 지지부진하게 이루어졌다. 1999년부터 2004년에 걸친 두 번의 매각 시도가 모두 결렬되었고, 2004년 10월에 이르러서야 현대제철-하이스코 컨소시엄에 매각되었다. 현대차그룹의 제철업 진출은 자동차 강판 조달을 위한 수직계열화에 대한 그룹 차원의 염원에 기인한다(이종인, 2012; 한겨레21, 2008.01.24).
- 26) 공간 자료의 중심성을 측정하기 위한 일종의 기술통계 기법으로 각 점의 가중치를 고려할 수 있다. 본 분석에서는 1차 철강산업 종사자수를 가중치로 산정했다.
- 27) LQ지수는 산업부문별 지역 간 상대적인 특화정도를 나타내는 지표로, 대개 1보다 큰 경우 전국에 비해 특화되어 있다고 판단할 수 있다. 본 분석에서는 제조업 대비 1차 철강산업에 대한 LQ지수를 구축했다.



[지도 Ⅲ-1] 2012년 철강재 시도별 출하액



[지도 Ⅲ-2] 2000년 철강재 시도별 출하액



**[지도 Ⅲ-3] 한국 1차 철강산업의 지리적 가중평균중심 이동  
및 2013년도 제조업 대비 LQ지수(LQ>1.5)**

\*주: 통계청 전국사업체조사 종사자수 기준

철강산업 내 주요 행위자를 중심으로 입지의 변화를 살펴보면 다음과 같은 특징을 보인다([표 Ⅲ-1]). 1997년 IMF로 한보철강, 강원산업, 삼미특수강, 기아특수강 등 제강업체들이 도산하였으며 이들은 2000년대 초반 타 기업으로 인수합병되거나, 매매되어 새로운 기업 설립으로 이어졌다. 한보철강의 부산 제강소는 2002년 YK steel의 창립으로 이어졌으며, 당진제강소는 2004년 현대제철(당시 INI steel)로 인수되었다. 포항에 입지했던 강원산업은 창원의 삼미특수강과 함께 현대제철로 인수되었다. 삼미특수강의 강봉 부문은 포스코로 인수되어 포스코특수강이 설립되었다. 군산의 기아특수강은 2003년 세아그룹으로 편입되어 세아베스틸이 되었다. 인수기업(acquirer firm)들은 피인수기업 입지의 다양성으로 인해 여러 지역에 분산된 설비를 보유 및 관리하게 되는 결과를 낳았다. 포항의 중심성이 상대적으로 완화되는 경향을 보이나, 이는 행위자들이 새로운 집적지로 이전한 것이 아니라 2개 이상의 집적지 내 생산 설비를 보유하고 있기 때문에 나타난 현상에 가깝다.

[표 Ⅲ-1] 한국 철강산업 주요 행위자 공장 입지 현황

	인천	부산권	포항권	광양권	아산만권	군산
포스코			1970년	1985년		
현대제철	1953년*		2000년*	2013년*	2004년*	
동국제강	1972년	1963년	1991년		2010년	
동부제철	1984년				1997년	
한국철강		1957년			2007년	
대한제강		1980년			2011년	
와이케이스틸		2002년*				
환영철강공업					1993년	
포스코특수강		1997년*				
세아제강		1995년*	1978년	2013년*		1998년*
포스코강판			1989년			
현대하이스코		1975년*		1999년	2004년*	
유니온스틸		1967년				
휴스틸				1995년	2005년	
코스틸			1984년			

\*주: 각 기업 사사 및 홈페이지. 인수합병의 경우 \* 표기. 부산권은 경상남도, 포항권은 경상북도, 광양권은 전라남도, 아산만권은 충청도 및 경기남부 포괄.

### 제3절 소결

제 3장에서는 철강산업의 주요 특성을 정리하고, 한국 철강산업의 기술적·조직적·지리적 변화를 고찰했다. 한국 철강산업은 2004년 전후로 기술적으로 범주가 넓어졌고, 조직적으로 통합화 및 유연화가 진행되었으며 지리적으로는 분산화되고 각 행위자들은 다중입지 전략을 구사하는 것으로 나타났다.

우선 철강 제조공정과 그에 따라 생산되는 제품의 종류와 그 특성을 분석했다. 이를 기반으로 철강산업의 세 가지 특징을 도출했다. 대규모 시설 기반 산업으로서 설비에 대한 투자 선행이 필수적이라는 점과, 전후방 산업에 대한 민감도로 인해 경기변동에 민감하며, 독과점 시장구조가 형성되어 있다는 것이다.

이어 한국 철강산업은 성숙산업이라는 기존의 통념과는 달리 기술적·조직적·지리적 측면에서 질적 변화를 경험했으며, 그 변화의 분기점이 2004년임을 관찰했다. 시장 환경 측면에서 2004년 관세가 개방되어 일본과 중국의 철강재가 수입되면서 경쟁이 강해졌으며, 정책적 측면에서 온실가스 배출량 저감에 대한 압박이 심화되었다. 이러한 경쟁적 환경은 한국 철강산업 내부의 변화로 인해 더욱 강화되었는데, 특히 2004년 현대제철이 한보철강을 인수 이후 일관제철업에 진출하면서 기존 공급자 위주였던 시장 구도가 수요자 중심으로 점차 변화하게 된 것이다.

이로 인해 기술적 측면에서는 상공정 혁신을 통한 시간 및 비용 절감 기술 개발과 더불어, 특수강 개발과 같은 수요 시장을 고려한 후공정 중심 혁신이 추동되었다. 상공정 혁신은 주로 포스코와 해외 및 국내 철강엔지니어링회사와의 공동 연구를 통해 진행되고 있으며, 후공정의 경우 수요산업 업체와의 연계를 통해 수행되고 있는 것으로 나타났다. 이어 실제 출원 특허의 IPC 분석을 통해 철강산업 내 기술개발 활동에 질적인 변화가 일어나고 있음을 고찰했다.

조직적 측면에서는 철강산업 내 행위자를 보유 설비를 기준으로 일관제철 그룹, 전기로 제강 그룹, 판재 압연 그룹, 조강 압연 그룹으로 구분했다. 각 그룹은 산업 내 계층구조 안에서 서로 다른 특성을 지님을 고찰했다. 철강산



업은 특히 일관제철그룹과 전기로 제강 그룹의 경우 기업집단 단위의 경영 활동이 주도적인 것으로 나타났다. 특히 2000년 전후 대규모 구조조정 시기, 각 기업집단은 2~4가지 설비 그룹에 해당하는 계열회사들을 보유함으로써 수직적 통합을 이루게 되었다. 이런 통합화와 동시에 조직적 유연성을 강화하려는 움직임이 두드러졌다. 자원 투자, 해외 진출, 기술 개발 등 가치사슬 전반에 걸쳐 전략적 제휴 형식의 조직-간 관계 형성이 활발해지고 있음을 고찰했다.

지리적 측면에서는 1980년부터 대략 10년 단위로 포항-광양-당진의 순으로 지리적 거점이 시차를 두고 발전한 것으로 나타났다. 제철, 제강업체들의 경우 1997년 대규모 구조조정 이후 2000년대 초반 인수-피인수, 투자 확대, 공장 폐쇄 등을 통해 해당 거점에 다중입지하게 되었으며, 이로써 각 기업은 고유의 공간적 전략을 구사하고 있는 것으로 나타났다.

다음 장에서는 이러한 철강산업의 특성을 기반으로 기술지식 네트워크의 형성 과정을 고찰할 것이다. 특히 시계열적 측면에서, 2004년을 기점으로 그 특성이 어떻게 변화하였는지 분석하고자 한다.

## 제4장 한국 철강산업 기술지식 네트워크

### 제1절 특허 공동 출원과 기술지식 네트워크

#### 1. 특허 자료와 기술지식 네트워크

특허는 R&D 활동의 가장 중요한 결과물이다. 따라서 특허 자료는 기술에 대한 법적 권리 보호라는 기본적인 목적을 넘어, 기술에 대한 지표로서 다양한 목적의 대리변수로 활용되고 있다. 특허 기술 경영의 많은 측면을 설명해주는 것으로 여겨지며(Ernst, 2003), 이를 기반으로 혁신 및 지식 경제에 관한 연구가 광범위하게 이루어졌다. 예컨대 출원자 자료, 특허 인용 자료, 기술 코드 등을 활용하여 기술 궤적, 지식 스펠오버, 기업 전략, 시장 가치 등을 측정하는 연구들이 수행되었다.

특허를 바탕으로 기술지식 네트워크를 구축하는 데에는 크게 두 가지 자료, 특허 인용과 공동 출원 자료가 사용된다. 특허 인용의 경우 인용수로부터 중요한 특허를 분별할 수 있으며, 특허 자체를 노드로 하여 시계열적 기술 궤적, 지식 스펠오버 등을 추적할 수 있다는 장점을 지닌다(Jaffe et al., 1993; Fontana et al., 2009; 김원준 외, 2012). 공동 출원은 주로 행위자 간 기술 협력의 대리지표로서<sup>28)</sup> 기업, 대학 등의 행위자를 노드로 설정하고 이들의 연계에 따른 네트워크 구조 및 진화를 파악하는 연구가 진행되었다(Roijakkers and Hagedoorn, 2006; Cassi and Plunket, 2010). 이와 같이 특허 자료에 대해 네트워크 이론을 적용함으로써 불균등 분포라는 내재적 특성을 고려할 수 있으며, 세부 자료를 활용하여 다양한 분석이 가능하다는 장점이 있다. 또한 통계적 방법론을 적용할 시 모집단 전체를 그 대상으로 하기 때문에, 전 행위자를 포괄해야 하는 네트워크 방법론을 적용하기에 적절하다고 볼 수 있다.

특허 자료를 사용하는 경우 다음 세 가지 한계점을 고려해야 한다. 첫째,

---

28) 공동 기술개발 네트워크 연구에서 특허 자료 이외에 인터뷰를 통한 1차 자료(Giuliani, 2007; Glückler, 2010; Broekel and Boschma, 2012)와 국가 R&D 프로젝트(Hoekman et al., 2009; Broekel, 2012), 기업 간 전략적 제휴 협정(Gay and Dousset, 2005) 등 2차 자료를 활용한 연구가 수행되었다.

모든 발명이 특허화되는 것은 아니라는 점이다. 특히 발명자는 보안 유지와 관련되어 출원에 대해 전략적 결정을 내리고, 그 전략은 산업마다 기업마다 상이하다. 또한 특정 국가에 출원되는 특허는 해당 국가 내 행위자들의 비중이 매우 높으며, 해외 출원자의 특허는 수출 품목에 한정되어 있다. 둘째, 관련법이 계속해서 개정되면서 과거에 비해 현재로 올수록 출원 건수가 증가했기 때문에 시계열 분석에 오류가 존재할 수 있다. 셋째, 오용의 가능성이 높다. 예컨대 공동출원 혹은 인용 활동이 지식 스펠오버로 해석될 수 있는가, 해당 활동이 지역 간 상호작용으로 치환될 수 있는가에 대한 이론의 여지가 있다.

본 연구에서는 두 개 혹은 그 이상의 행위자들이 공동으로 출원한 특허 자료를 바탕으로, 해당 행위자 간의 연계로 구성된 기술지식 네트워크를 구축했다. 그리고 이를 행위자 간 상호 학습과 지식 생산의 대리지표로 해석했다. 철강산업의 공동 기술개발 활동의 경우 1990년대 초반까지는 일방적 유무상 기술공여 및 협력이나 상호 기술교류의 차원에 머물러 있었다. 그러나 2000년대 이후부터는 상호 대등하고 양쪽 모두 경영전략 상의 결과물인 경우가 증가했다. 이는 3장에서 살펴본 바와 같이 세계 철강업계의 통합화 및 개발도상국의 추격 등 경쟁이 심화되면서 규모나 비용 절감 등의 방식으로는 우위를 점하기가 어려워지고, 고부가가치 제품 생산과 기술의 중요성이 증가했기 때문이다. 이에 전통적인 영역 구분을 넘어서 새로운 기업 간 협력관계가 전개되면서, 수요업체 및 엔지니어링 업체 등과의 공동 연구개발 활동이 강화되고 있다(송성수, 1999; 탁승문, 2006).

## 2. 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 발전 양상

공동출원 활동이 본격적으로 시작된 1988년부터 2013년까지의 기간에 대해 연도별 행위자 간 연계 자료를 이용하여 5년 단위로 누적 네트워크를 구축하고 그 발전 양상을 살펴보았다(표 IV-1). 이를 통해 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 구조적 특성을 살펴보았다. 우선 공동출원에 참여하는 행위자 수는 매년 증가하고 있다. 전체 특허 출원 행위자의 수는 1993년 103개에서

2013년 259개로 약 2.5배 정도 증가한 반면, 공동출원에 참여하고 있는 행위자 수는 1993년 13개에서 2013년 226개로 17배 증가했다. 한편 네트워크 밀도는 줄어들고 있으며, 그와 동시에 연결정도의 평균값 및 최댓값은 증가했다. 이를 미루어볼 때 다수의 노드가 소수의 노드와 배타적으로 연결되고 있는 멱함수의 분포<sup>29)</sup>를 띄고 있음을 유추할 수 있다. 이는 네트워크가 흔히 작은 세상 네트워크(small-worlds)의 특성을 지닌다고 말하는 것과 동일한 맥락의 것이다. 작은 세상 네트워크란 무작위로 추출된 두 개의 노드 사이 거리가 네트워크의 총 노드 개수의 로그 값에 비례하여 증가함을 의미한다(Watts and Strogatz, 1998). 즉 대부분의 노드들은 서로 직접적으로 연결되어 있지는 않으나 몇 개의 단계만(small number of steps) 거치면 서로 연결될 수 있으며, 네트워크가 필연적으로 허브앤스포크(hub-and-spoke) 구조를 띄고 있음을 암시한다. 본 연구 대상인 한국 철강산업의 기술지식 네트워크 또한 일반적인 네트워크가 갖는 구조적 특성을 보이고 있는 것이라고 볼 수 있다.

[표 IV-1] 기술지식 네트워크의 시계열적 기술통계

	노드 수	네트워크 밀도	전체 연결정도			
			평균	표준편차	최소	최대
1988	3	0.667	1.33	0.47	1	2
1993	13	0.154	1.85	1.41	1	5
1998	42	0.051	2.10	3.11	1	18
2003	80	0.036	2.88	5.03	1	38
2008	135	0.019	2.59	5.9	1	53
2013	226	0.012	2.62	6.16	1	79

네트워크의 전역적인 발전 양상을 5년 단위로 구분하여 지도화했다([표 IV-2]). 1990년대 초반까지는 공동 출원 활동 자체가 미미했던 시기로 포스코와 RIST 간의 활동이 주를 이루고 있다. 그 이후 2003년까지의 기술지식 네

29) 이는 네트워크 과학을 연구하는 산타페 연구소에서 사회 및 자연에 존재하는 모든 네트워크에 공통적인 구조가 존재함을 밝히면서 알려진 대표적인 네트워크의 특성이다. 대다수의 네트워크에서 링크의 분포는 불균등하게 나타나는데, 소수의 노드가 다수의 링크를 점유하면서 네트워크를 지배하고 그 수열이 멱함수(power Law)의 법칙을 따른다는 것이다(Barabasi, 2002; 김용학, 2010에서 재인용).

트위크는 포스코와 RIST, 두 노드와 그들의 공동 출원 연계를 중심으로 타 행위자와의 공동 출원이 늘어나는 양상을 보인다. 두 행위자가 각자 다른 행위자와 공동 출원을 하거나, 제 3의 행위자와의 3자 공동출원 활동이 증가했다. 2003년 이후에는 전반적인 공동 출원 수가 증가한 동시에, 행위자의 다양성이 증가했다. 기존 포스코-RIST의 중심성은 유지되고 있으나 다른 허브들과 그것을 중심으로 하는 중소 규모의 클러스터들이 발전한 것으로 나타났다. 다시 말해 포스코-RIST가 구축한 중심 클러스터에 한국생산기술연구원, 현대자동차, 현대제철, 유니온스틸 등 포스코 외 여러 행위자들을 중심으로 하는 상대적으로 작은 클러스터들이 결합하는 방식으로 거대 클러스터로 성장했다. 거대 클러스터가 성장한 것과 동시에 작은 규모의 고립 클러스터들도 또한 증가했다. 한국원자력연구원을 중심으로 하는 원자력 관련, 충북대학교 및 고려아연 등 충청권을 중심으로 하는 비철금속 관련, 순천대학교 등 전라남도 중심의 폐기물 처리 관련 소규모 클러스터가 관찰되었다. 중소기업들 간의 공동출원이 증가하였으며, 이들은 고립된 다수의 연계를 형성하고 있다.

2013년 누적 기술지식 네트워크를 구성하는 행위자의 특성을 살펴보면 철강산업 내 공정 설비를 보유하고 있는 기업뿐만 아니라 다양한 행위자들로 이루어져 있는 것으로 나타났다. 산업적 측면에 있어서 기계 부품 제조업, 폐기물 처리업, 자동차 제조업, 화학제품 제조업 등 다양하며, 조직적 형식 또한 대기업, 중소기업, 대학 및 연구원 등 다양하다. 철강산업 관련 기업 중에서는 일관제철그룹과 판재압연그룹의 공동출원 활동이 활발한 반면 전기로제강그룹과 조강압연그룹은 상대적으로 미미한 것으로 나타났다. 전기로제강그룹에 속하는 동부제철, 동국제강, 한국철강 등의 단독 출원 건수는 평균 이상이나, 공동 출원 활동은 거의 없는 것으로 나타났다. 특히 동국제강은 판재압연 설비를 갖춘 계열사 유니온스틸의 공동 출원이 활발한 것과 대조적으로 공동 출원에 참여하고 있지 않다. 이외 YK스틸, 환영철강 등은 출원 활동 자체가 매우 미미하다. 이는 판재류가 고로에서 생산되는 특성상 새로운 강종 개발을 통한 시장개발이 가능한 것과 달리 조강류는 철스크랩을 원료로 전기로제강을 통해 생산되는 제품이기 때문에 강종 개발에 한계를 가지고 있다는 점을 반영하는 결과라고 판단할 수 있다(한국철강협회·산업연구원, 2006).

<p><b>1988년</b></p> <p>재단법인포항산업과학연구원 조화산업 포스코</p>	<p><b>1993년</b></p> <p>자회사인(주)OIOO(원산지)농산물소재개발사 연구소 경영지원부 기술지원부 생산관리부 품질관리부 인사관리부 재무관리부 법률지원부 환경지원부 안전지원부 정보통신부 시설관리부 물류지원부 유니온스틸</p>
<p><b>1998년</b></p>	<p><b>2003년</b></p>
<p><b>2008년</b></p>	<p><b>2013년</b></p>

- 59 -

## 제2절 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 특성

### 1. 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 전역적 특성

#### 1) 기술지식 네트워크의 구조적 특성

네트워크 분석에서 대표적인 정량적 지표인 중심성 지표를 활용하여 기술 지식 네트워크의 구조적 특성을 살펴볼 것이다. 중심성은 각 노드의 권력과 영향력을 측정할 수 있으며, 어떠한 중심성을 측정하느냐에 따라 노드의 여러 가지 특성을 파악할 수 있다. 이 같은 정량적 지표만으로 각 행위자의 특성을 완전히 추론할 수는 없으나, 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 구조적 특성을 이해하는 데에 도움을 준다.

본 연구에서는 중심성 지표 분석에 김원준 외(2012), 임화진(2013)이 적용한 전략 매트릭스 분석 틀을 적용하여 지표들을 입체적으로 해석하고자 했다. 전략 매트릭스는 사분면상에 연구자가 조작적으로 정의하거나 측정한 지표를 분포시킴으로써 변수의 특성을 유형화하는 틀로, 주로 정책결정 기준과 근거를 마련하는 데에 사용된다. 본 연구에서는 위세중심성(power centrality)<sup>30)</sup>과 사이중심성(betweenness centrality)<sup>31)</sup>을 축으로 하여, 1988~2013년에 걸쳐 발현된 기술지식 네트워크 내 총 226개 행위자를 사분면상에 위치시켰다. 각 중심성은 연결 여부(1/0)를 기준으로 계산했다. 위세중심성은 노드의 연결 정도(degree) 중심성과 해당 노드가 연결된 타 노드의 영향력을 합하여 계산되며, 사이중심성은 다른 노드들 사이에서 중개자 역할의 정도를 측정한다(김용학, 2010). 예컨대 위세중심성이 낮아 국지적 위세가 낮더라도, 사이중심성이 높다면 전체 네트워크 상 서로 다른 행위자들을 연결하는 중요한 역할을 한다고 해석할 수 있는 것이다.

30) 노드  $i$ 의 영향력  $\alpha Z_{ji}$ 과 연결된 노드  $j$ 의 영향력  $\beta p_j Z_{ji}$ 을 합하는 것으로,

$Power = \sum_j (\alpha + \beta p_j) Z_{ji}$ 로 계산했다. 여기서  $Z$ 는 직접 관계에 있는 행렬이며,  $p$ 는 아이겐 값이다.  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 연구자 임의로 지정할 수 있다. 본 연구에서는  $\alpha=1$ ,  $\beta=1$ 로 지정했다.

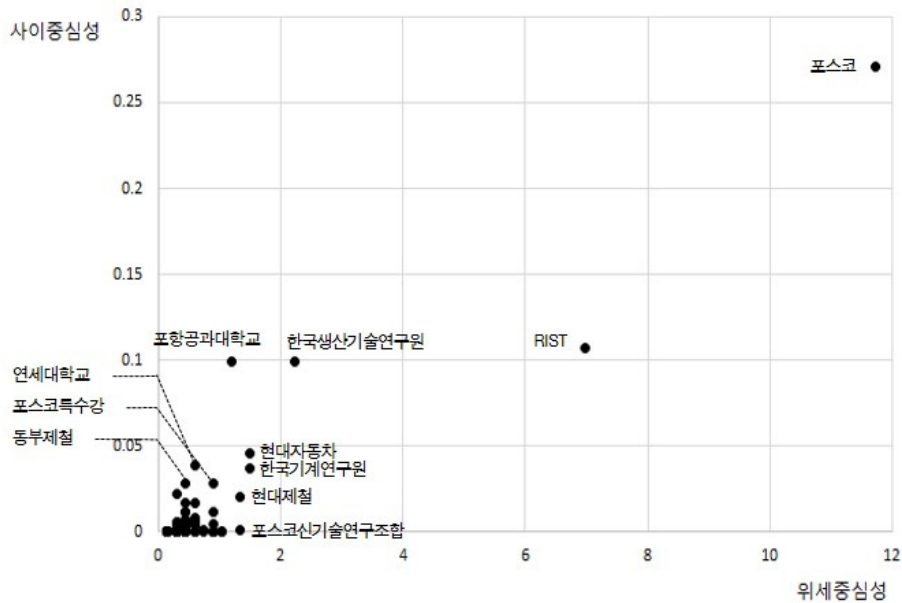
31) 두 노드  $j$ 와  $k$  사이에 위치한 특정 노드  $i$ 가 두 노드간의 거래  $g_{jk}$ 에 얼마나 기여하였는지에 대한 확률의 합으로,  $Betweenness = \sum g_{jk}(n_i)/g_{jk}$ 의 수식을 통해 계산된다.

[그림 IV-1]과 같이 전반적으로 소수의 상위 행위자와 다수의 하위 행위자로 이루어진 전형적인 네트워크의 특성을 보이며, 위세중심성과 사이중심성 간의 상관계수는 0.917(p-value <0.001)로 두 지표 간에 높은 양의(+) 상관관계가 있음을 알 수 있다. 이 중 상위 10% 내에 속하는 행위자<sup>32)</sup>는 대부분 연구원과 상장 대기업으로 구성되어 있다. 특히 기업의 경우 포스코 및 현대자동차 계열사가 대다수를 차지한다. 상위 행위자들의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 두 중심성 지표가 모두 가장 높은 행위자는 포스코(x: 11.7, y: 0.3)이다. 포스코가 네트워크 내에서 절대적으로 강한 영향력을 미치고 있음을 알 수 있다. 다음으로 RIST(x: 7.0, y: 0.1), 한국생산기술연구원(x: 2.2, y: 0.1), 포항공과대학교(x: 1.2, y: 0.1)의 사이중심성은 모두 0.1로 세 행위자는 전체 네트워크 내에서 서로 다른 행위자들을 매개하는 역할을 한다고 볼 수 있다. 그러나 그들의 위세중심성이 상이하다는 점을 미루어볼 때 서로 다른 국지적 연결망을 가지고 있는 것으로 추정할 수 있다. 현대자동차(x: 1.5, y: 0.04)와 한국기계연구원(x: 1.5, y: 0.04), 연세대학교(x: 0.6, y: 0.04), 동부제철(x: 0.6, y: 0.02)의 경우 사이중심성이 위세중심성보다 상대적으로 높다. 이들은 국지적으로 중요한 위치를 차지하는 동시에, 네트워크 내 서로 다른 소규모 클러스터들 간 연결고리 역할을 할 것이다. 반면 현대제철(x: 1.3, y: 0.02), 포스코신기술연구조합(x: 1.3, y: 0.001), 포스코특수강(x: 0.9, y: 0.03), 한국수력원자력(x: 1.0, y: 0.00), 기아자동차(x: 0.9, y: 0.00)의 경우 위세중심성이 사이중심성보다 더 높은 것으로 나타났다.

---

32) 포스코, RIST, 한국생산기술연구원, 포항공과대학교, 현대자동차, 한국기계연구원, 포스코신기술연구조합, 포스코특수강, 한국수력원자력, 한국전력공사, 포스코강관, 연세대학교, 기아자동차, 동부제철





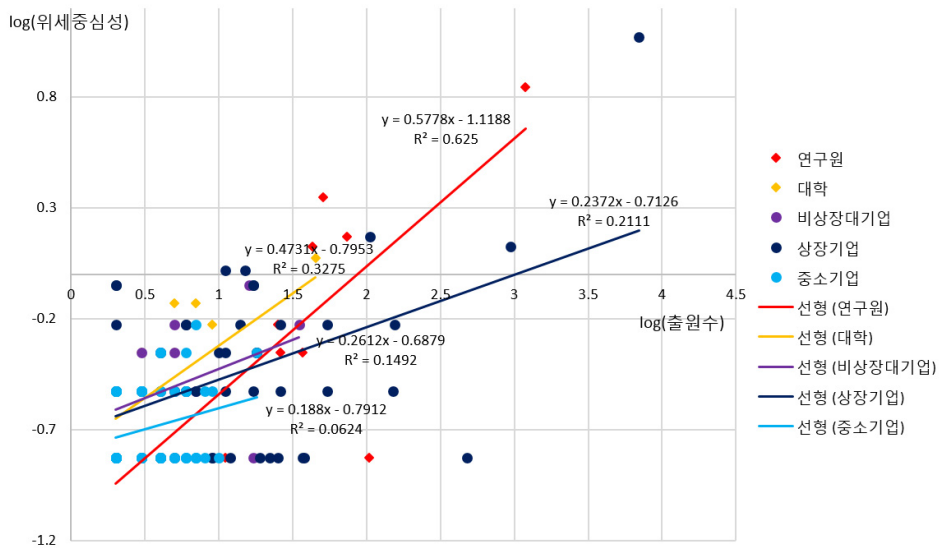
[그림 IV-1] 기술지식 네트워크 중심성 매트릭스

다음으로 네트워크 내 지위와 혁신 능력의 관계를 규명하고자 했다. 네트워크 내 지위의 대리 변수로서 위세중심성을, 혁신 능력의 대리 변수로서 전체 출원 특허 수를 지정했다. 그리고 조직적 유형을 연구원, 대학, 비상장대기업, 상장기업, 중소기업 다섯 가지로 구분하여 두 변수의 상관관계를 측정했다. 상관관계가 양(+)의 관계냐 음(-)의 관계냐는 각 행위자 고유의 기술지식 전략과도 연관되나, 본 분석을 통해 각 조직 유형의 전반적인 경향성을 검토할 수 있다고 판단했다. 1988년~2013년에 걸쳐 발전된 기술지식 네트워크 내 총 226개 행위자가 출원한 전체 특허 수와, 앞서 계산한 위세중심성을 각 축에 두고 매트릭스를 구축했다. 두 변수는 로그화를 통해 선형함수로 변형했다.

[그림 IV-2]은 구축된 산점도 매트릭스이다. 각 조직적 유형별로 일차함수 추세선<sup>33)</sup>과 그것의 설명력을 표기했다. 전반적으로 출원 수와 위세중심성 사이에는 양(+)의 상관관계가 존재하며, 조직적 유형에 따라 그 정도가 다소 상

33)  $Y = \alpha + \beta X$ ,  $X: \log(\text{출원 수})$ ,  $Y: \log(\text{위세중심성})$ ,  $\alpha, \beta$ : 상수

이한 것으로 나타났다. 연구원( $\beta$ : 0.58,  $R^2$ : 0.63), 대학( $\beta$ : 0.47,  $R^2$ : 0.33), 비상장대기업( $\beta$ : 0.26,  $R^2$ : 0.15), 상장기업( $\beta$ : 0.12,  $R^2$ : 0.21), 중소기업( $\beta$ : 0.19,  $R^2$ : 0.06) 순으로 상관계수가 높다. 연구원 및 대학은 상관계수뿐만 아니라 설명력이 높으나, 나머지 비상장대기업, 상장기업, 중소기업은 모두 설명력이 미약하다. 다시 말해 연구원 및 대학은 출원 수를 통해 네트워크 내 중심성을 어느 정도 설명할 수 있으나, 기업은 출원 수만으로는 네트워크 내 지위를 설명할 수 없다. 이는 연구소와 대학이 일반적으로 기술지식을 매개하는 역할을 담당한다는 측면에서 출원 활동과 네트워크 내 지위와의 상관관계가 높은 반면, 기업은 지식 보호 등 산업 내 이윤추구를 위한 고유의 전략을 내포하기 때문에 속성 자료만으로는 그 행태를 파악하기 어려움을 시사한다. 따라서 본 연구에서 다루는 행위자 간 상호 학습 및 기술 개발 활동이 특정 행위자의 혁신 능력과 인과관계가 있다고 볼 수 없다.

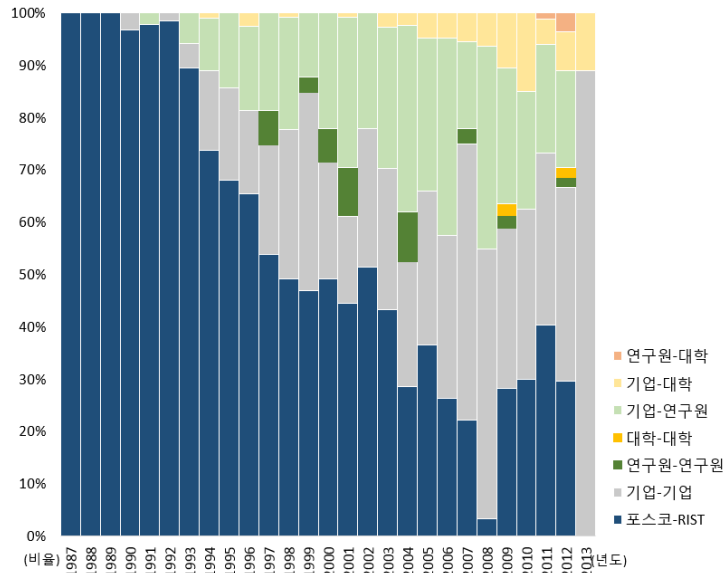


[그림 IV-2] 기술지식 네트워크 내 지위와 혁신성 간 관계

## 2) 조직적 유형 간 네트워크 특성

어떠한 유형의 행위자 간 공동 출원 활동이 활발하게 이루어지는가를 살펴 보기 위해, 행위자의 조직적 유형을 기업, 대학, 연구원 세 가지로 구분하여 각 년도 별 연계를 추출했다([그림 IV-3]). 3개 이상의 행위자가 공동 출원했을 경우 전체 형성되는 연계 수의 역수를 곱해 가중치를 주었다. 또한 공동 출원 활동이 가장 활발한 포스코와 RIST의 연계를 별도로 구분하여 표기하여 자료의 편향성을 보완하고자 했다.

조직적 유형 간 공동 출원 활동의 추이를 살펴보면 다음과 같다. 1980년대 후반부터 1990년대 초반까지 100%에 달하던 포스코-RIST 연계의 비중은 점차 줄어들어 2004년 이후 30~40%를 유지하고 있다. 반면 기업-기업 간 공동 출원 활동이 크게 증가했고, 동시에 기업과 연구원이나 대학과의 협력이 늘어난 것으로 나타났다. 기업-연구원, 기업-대학 연계가 초기에는 거의 존재하지 않았으나 2012년에는 각 18.5%, 7.4%로 증가했다. 반면 연구원-연구원, 대학-대학, 연구원-대학의 공동 출원 활동의 수와 증가폭은 크지 않은 것으로 나타났다. 기업-기업 연계를 세부적으로 살펴보면 대기업 간의 연계보다 대기업과 중소기업 간의 공동 출원 활동이 증가 추세에 있는 것으로 나타났다. 더불어 포스코-RIST의 연계가 기업-연구원 연계임을 감안할 때 국내 기술지식 네트워크는 전반적으로 대기업 중심으로 이루어지고 있으며, 타 유형 행위자와의 연구 개발 활동이 동일 유형 행위자와의 연구 개발에 비해 더 활발한 것으로 나타났다.



[그림 IV-3] 조직적 유형 간 공동 출원 활동 추이

### 3) 지리적 권역 간 네트워크 특성

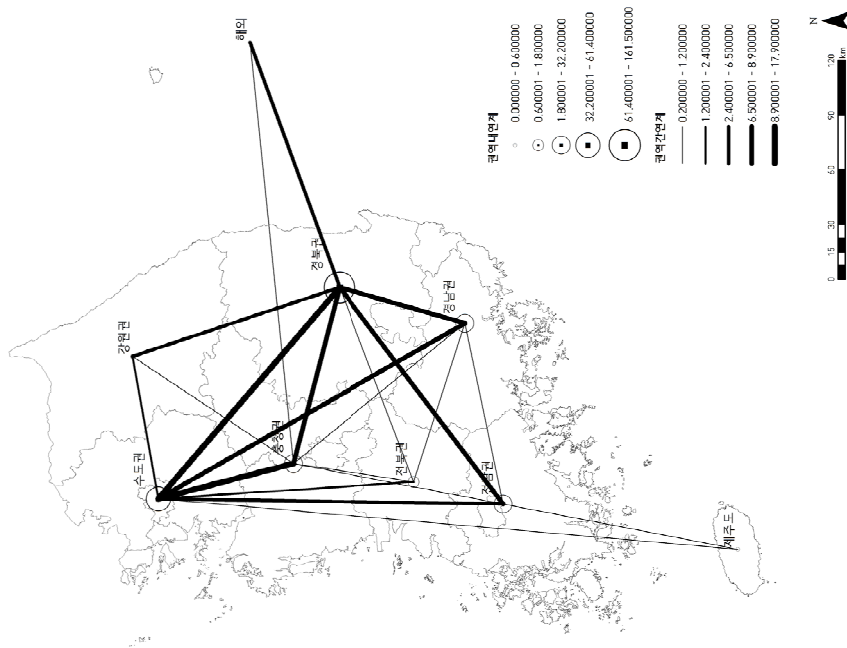
공동 출원 활동의 지리적 분포를 살펴보고자 발명자 주소지를 기준으로 1988년부터 2003년, 2004년부터 2013년까지의 각 연계를 권역 스케일에서 합산하여 네트워크를 구축했다([지도 IV-1], [지도 IV-2]). 기술지식 네트워크의 공간적 특성을 분석함에 있어서 발명자의 주소지를 사용하느냐 출원자의 주소지를 사용하느냐에 대해 학술적으로 합의된 바가 없는 것으로 보인다. OECD는 발명자 주소지 정보의 사용을 권고 하고 있는 한편, 한국특허정보원은 특허에 대한 1차적 권리가 발명자에게서 발생하지만 현실적으로 대부분의 개발 활동이 기업, 연구기관, 대학 등에서 이루어지기 때문에 권리가 출원자에게 귀속된다고 본다(임영훈·박삼욱, 2009). 본 분석에서는 출원자 주소지가 대부분 각 행위자의 본사로 등록되어 있기 때문에 철강산업의 특성상 설비의 입지가 기술개발 활동에 핵심적이라는 점을 반영하기에 충분하지 않다고 판단했다. 그리고 본 연구에서 추출한 특허 출원 자료를 분석한 결과 발명자 주소지의 대부분이 출원자가 소유한 시설의 입지와 근접하는 양상을 보이기

때문에<sup>34)</sup>, 이 경우 발명자 주소지를 기준으로 하는 분석이 좀 더 합리적인 것이라 판단했다. 권역은 총 9개로 서울특별시, 인천광역시, 경기도를 포함한 수도권, 충청권, 강원권, 경북권, 경남권, 전북권, 전남권, 제주도, 그리고 해외로 구분했다.

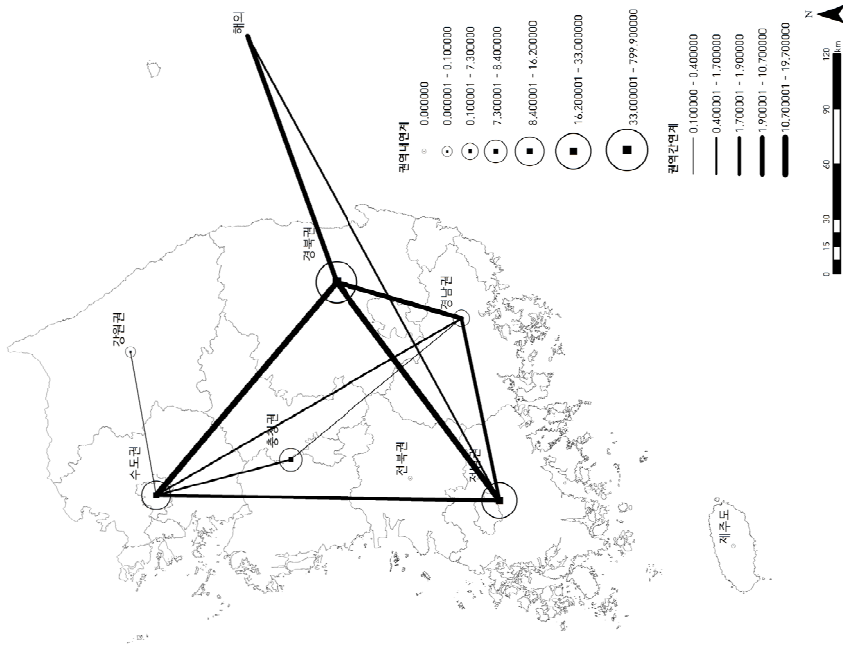
네트워크 구축 결과 두 시기의 네트워크 밀도 값은 각 1.93, 2.62로 밀도가 증가했다. 이는 공동 출원 대부분이 동일 권역 내에서 이루어지던 1988~2003년 시기와는 달리, 점차 권역 간 출원 활동이 증가했음을 의미한다. 실제로 1998~2003년 시기 전체 연계 중 92.6%가 동일 권역 내 출원이었으나, 이후 시기에는 75%로 감소했다. 특히 경북권 내 출원이 85.6%에서 42.2%로 급격하게 감소하면서 기존 매우 높던 포항시의 집중도가 완화되었다. 권역 간 연계의 경향을 살펴보면 지역 별로 다소 상이한 변화를 겪었음을 알 수 있다. 가장 권역 간 연계의 빈도가 높은 지역은 두 시기 모두 경북권-수도권인 것으로 나타났다. 시간이 지남에 따라 타 권역과의 연계가 강화된 지역은 충청권과 수도권으로, 이들은 이전 시기에 비해 권역 내 연계 또한 강화되었다. 충청권은 수도권, 경북권과의 연계가 매우 강화되었으며, 수도권은 충청권 및 전남권과의 연계가 증가했다. 반면 전남권의 경우 이전 시기에 비해 경북권과의 연계가 감소한 한편 권역 내부 연계가 크게 증가한 것으로 나타났다.

---

34) 시설 입지가 이동 혹은 확장된 경우 이러한 경향성은 특히 두드러진다. 예컨대 현대하이스코의 경우(본사 위치: 울산광역시) 2003년 출원인 7명 중 1명이 울산광역시, 6명이 전라남도 순천시를 주소지로 하고 있다. 그리고 당진 공장 인수 이후 2010년을 살펴보면, 출원인 52명 중 17%가 울산광역시, 15%가 순천시 외 전남권, 23%가 당진시, 27%가 평택시 외 경기 남부권, 17%가 서울특별시 주소지로 구성되어 있다. 따라서 본 사례의 경우 발명자 주소지 기반 분석이 실제적인 기술개발 네트워크의 공간적 특성을 상대적으로 좀 더 정확하게 반영할 수 있다고 판단했다.



[지도 IV-1] 2004~2013년 권역 간 기술지식 네트워크



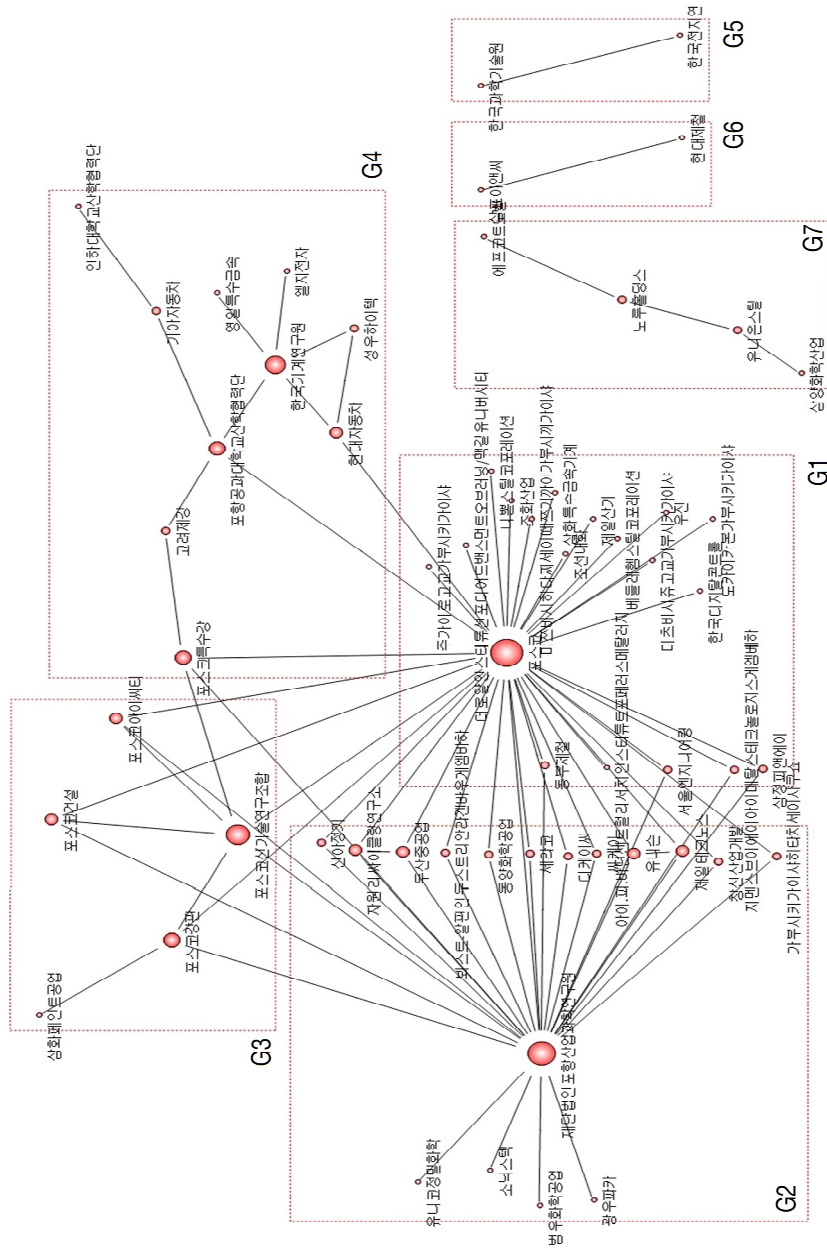
[지도 IV-2] 1988~2003년 권역 간 기술지식 네트워크

## **2. 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 국지적 특성**

### **1) 2003년 누적 네트워크의 커뮤니티**

본 연구에서는 커뮤니티 분석을 이용하여 한국 철강산업 기술지식 네트워크 가운데 거대 클러스터가 어떠한 국지적 네트워크로 구성되어 있는지, 그리고 그것의 발전 과정은 어떠한지를 살펴보았다. 네트워크를 1988년~2003년, 1988년~2013년으로 구분하여 행위자 수준에서의 발전 과정을 분석하고자 했다. 특히 중개 역할을 수행하는 행위자가 누구이고 그 특징이 무엇인지를 분석했다. 2013년 누적 네트워크에서 거대 클러스터에 속한 행위자들을 대상으로 두 시기 커뮤니티를 분석했기 때문에 1988년~2003년의 경우 열린 클러스터 상태이며, 링크 가중치는 모두 1로 설정했다.

우선 1988년부터 2003년까지의 기술지식 네트워크에 대해 커뮤니티 분석을 실시했다. 다음 [그림 IV-4]와 같이 총 6개의 커뮤니티가 형성되었다. 총 59개 행위자가 참여하였고, 모듈화 지수는 0.37이다. 총 41개의 행위자가 G1, G2, G3, G4가 중심 클러스터를 구성하고 있으며, G5, G6, G7은 고립되어 있는 상태이다.



[그림 IV-4] 2003년 누적 네트워크의 커뮤니티

\*주: 노드의 크기는 네트워크 내 해당 노드의 연결 정도 값임.



2003년 누적 네트워크의 각 커뮤니티 특성은 [표 IV-3]과 같다. 각 커뮤니티에 소속된 행위자 수와 중심 행위자, 그리고 전반적인 산업·조직·지리적 특성을 분석했다. 산업적 특성은 한국표준산업분류 4-digit 코드를 활용하였으며<sup>35)</sup>, 지리적 특성은 본사의 입지를 기준으로 했다.

**[표 IV-3] 2003년 누적 네트워크의 커뮤니티 별 특징**

커뮤니티	행위자 수	중심 행위자	커뮤니티 특성		
			산업적	조직적	지리적
G1	19	포스코	금속제조업 기계 및 장비 제조업	해외 상장기업 중소기업	해외, 경북
G2	17	RIST	기계 및 장비 제조업	중소기업	경북, 수도권
G3	5	포스코신기술 연구조합	다양함	포스코 계열사	경북
G4	10	한국기계연구원	자동차 제조업	상장기업 연구원, 대학	수도권, 경남

2003년 누적 네트워크에서는 포스코 관련 행위자들이 중심적인 역할을 하고 있다. 예외적으로 G4는 한국기계연구원이 중심 행위자이나, 포스코 관련 행위자인 포항공과대학교와 포스코특수강의 중개를 통해 타 커뮤니티와 연계되어 있다는 점에서 포스코의 영향력이 큼을 알 수 있다. 각 커뮤니티의 특성을 분석하면 다음과 같다.

G1은 포스코가 다수의 중소기업 및 해외 기업들과 연계를 형성하며 강한 허브앤스포크 구조를 형성하고 있으며 7개의 커뮤니티 중 가장 큰 규모를 가지고 있다. 해외 기업은 신일본제철, 주가이로공업, 미츠비시중공업 등 주로 일본 철강 관련 기업과 지멘스, 뵈스트-알핀과 같은 유럽 설비 생산업체로 이루어져 있다. 기술 내재화 과정에서 해외 기업들과의 활발한 연계가 이루어졌음을 보여준다. 한편 중소기업은 주로 경상북도에 입지한 기업들로, 포스코가 포항 제철소 주변 중소기업들과 공동 연구를 진행하고 있음을 시사한

35) 직관적 이해를 위해 기술코드가 아닌 산업코드를 활용했다.

다. 주 산업 분야는 금속제조업과 기계 및 장비 제조업으로 해당 시기 제품 개발과 더불어 설비 및 공정 합리화에 대한 연구가 활발히 이루어졌음을 알 수 있다. G1의 중심행위자인 포스코는 RIST가 속한 G2 외 다른 커뮤니티와도 다수의 연계를 형성하고 있다. 포스코가 G1 내 중심행위자일 뿐만 아니라 네트워크 전체의 상호 학습 및 지식 창출에서 중심적인 역할을 하고 있다고 판단된다.

G2는 RIST가 다수의 중소기업과 공동출원 활동을 하는 구조를 띠고 있다. 그 중 상당수가 포스코와 함께 세 행위자가 공동출원 활동을 한 것이며, 따라서 연계가 포스코와 중첩되어 있는 것이 특징이다. 산업적 측면에서 주로 기계 및 장비 제조업 관련 기업과의 연계가 많으며, 지리적으로는 경상북도와 수도권을 중심으로 하고 있다.

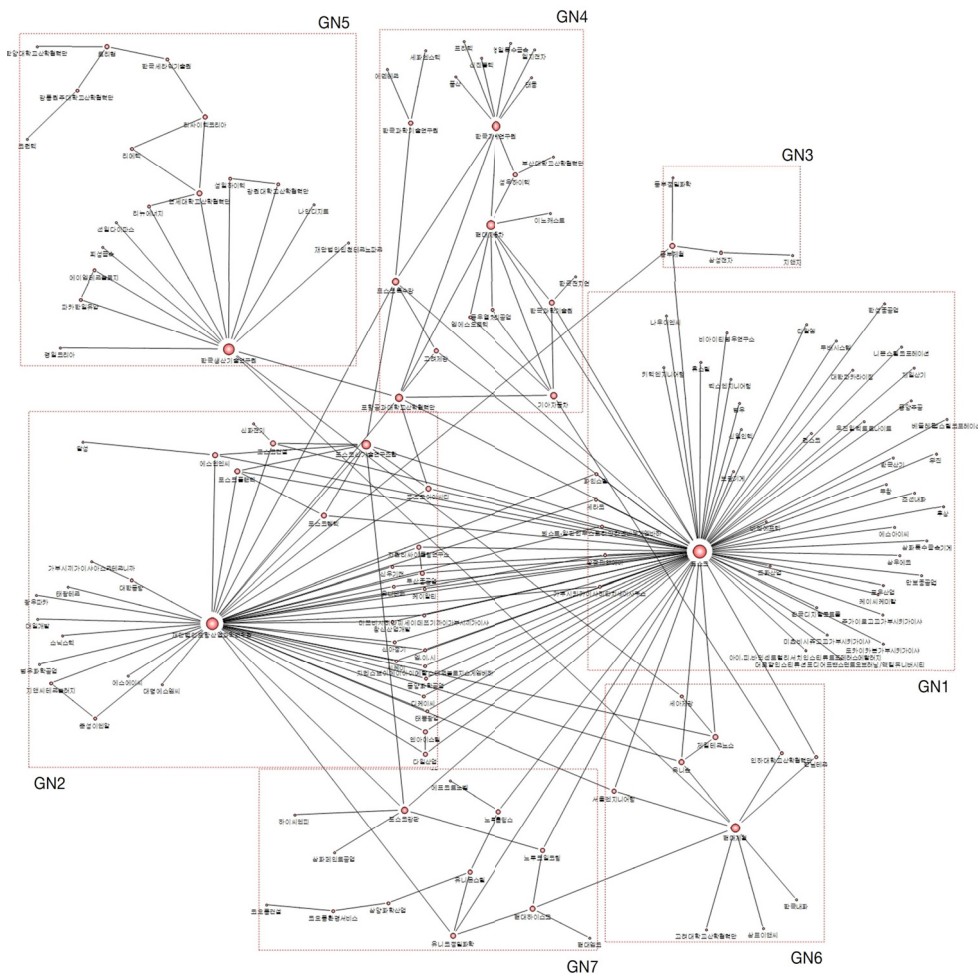
G3은 포스코강판, 포스코건설 등 포스코 계열사들이 소속되어 있고, 주로 경상북도 지역에 본사가 입지한 행위자들로 구성되어 있다. 중심행위자인 포스코신기술연구조합은 1995년 포스코가 계열사 공동 R&D를 장려하고 국가 R&D 사업 참여를 활발히 하려는 목적으로 설립한 연구 기관이다. 따라서 중사 산업 분야는 다양하고 중심 행위자인 포스코신기술연구조합의 중심력이 상대적으로 약하며, 타 커뮤니티에 비해 소속 행위자 간 상호 공동 출원 활동이 활발하다.

G4는 중심 행위자인 한국기계연구원이 커뮤니티 내부 연계 역할을 수행하며, 현대자동차, 포항공과대학교, 포스코특수강 등이 타 커뮤니티와의 중개 역할을 하고 있는 구조를 띠고 있다. 이외에 엘지전자, 기아자동차, 고려제강 등 대기업들과 인하대학교 등 비-영리 행위자로 구성되어 있는 것이 특징이다. 주로 자동차 제조업 기업들이 많으며, 소속된 금속제조업 기업들 또한 자동차와 관련된 특수강을 제조하는 기업들이다. 지리적으로는 수도권에 편중되어 있다.

클러스터와 연결되지 않은 커뮤니티 G5, G6, G7은 다음 2013년 누적 커뮤니티 분석을 통해 클러스터와 연결되는 과정에 중점을 두어 특성을 살펴보았다.

## 2) 2013년 누적 네트워크의 커뮤니티

1988년부터 2013년까지의 기술지식 네트워크에 대해 커뮤니티 분석을 실시했다. 다음 [그림 IV-5]과 같이 중심 클러스터 내 총 7개의 커뮤니티가 형성되었다. 총 147개 행위자가 참여하여 클러스터의 규모가 커졌다. 또한 모듈화 지수는 0.52로 이전 시기에 비해 증가해 전체 네트워크의 클러스터링된 정도가 심화되었다. 즉, 각 커뮤니티의 국지적 성격이 더욱 뚜렷해졌다.



[그림 IV-5] 2013년 누적 네트워크의 커뮤니티

\*주: 노드의 크기는 네트워크 내 해당 노드의 연결 정도 값임.

2013년 누적 네트워크의 각 커뮤니티 특성은 [표 IV-4]와 같다. 각 커뮤니티에 소속된 행위자 수와 중심 노드, 전반적인 산업·조직·지리적 특성을 분석했다. 산업적 특성은 한국표준산업분류 4-digit 코드를 활용하였으며, 지리적 특성은 본사의 입지를 기준으로 했다. 2003년 커뮤니티와 구분하기 위해 GN을 접두어로 표기했다.

[표 IV-4] 2013년 누적 네트워크의 커뮤니티 별 특징

커뮤니티 (이전시기)	행위자 수	중심 행위자	커뮤니티 특성		
			산업적	조직적	지리적
GN1 (G1)	43	포스코	기계 및 장비 제조업 폐기물 처리업	중소기업	경북, 전남
GN2 (G2,G3)	36	RIST	기계 및 장비 제조업	중소기업	경북, 수도권
GN3 (-)	4	동부제철	금속 제조업	대기업	수도권
GN4 (G4,G5)	22	현대자동차	자동차 제조업 특수강 제조업	다양함	수도권, 충청
GN5 (-)	19	한국생산기술연구원	비철금속 제조업	다양함	수도권
GN6 (G6)	10	현대제철	금속 제조업 금속가공제품 제조업	상장기업 중소기업	수도권
GN7 (G7)	13	유니온스틸, 현대하이스코, 포스코강판	화학제품 제조업 강판 제조업	대기업 계열사	수도권, 경북

각 커뮤니티는 산업적, 조직적, 지리적 측면에서 특정한 경향성을 보이며 그 정도가 이전 시기에 비해 강화된 것으로 나타났다. 대부분 중심 행위자의 목적에 부합하는 기술지식 활동이 수행되는 것으로 보이며, 이로 인해 유사 혹은 인접 산업에 속한 행위자들 간의 연계가 각 커뮤니티를 이루고 있다<sup>36)</sup>.

36) GN4, GN7을 제외한 나머지 커뮤니티는 중심행위자를 허브로 하는 강한 허브앤스포크 구조를 띤다. GN4는 커뮤니티 내 행위자 간 3자 관계 형성이 두드러지며, GN7은 유니온스틸-유니코정밀화학-현대하이스코-노루코일코팅-포스코강판으로 연결되는 선형구조가 주축을 형성한다. GN4와 GN7은 중심 행위자에 대한 의존성과 네트워크의 폐쇄성이 상대적으로 약하다.

각 커뮤니티는 지리적으로 명시적인 특성을 보이고 있지는 않다. 즉 각 커뮤니티가 특정 지리적 집적지와 상응된다고 보기는 어렵다고 판단된다. 각 커뮤니티의 특성과, 이를 이전 시기와 비교했을 때 나타난 변화는 다음과 같다.

GN1은 G1이 발전한 것으로, 포스코를 중심으로 기계 제조업 및 폐기물 처리업에 종사하는 중소기업들이 커뮤니티를 구성하고 있다. 기존 기계 및 장비 제조업뿐만 아니라 환경에 대한 인식이 높아지면서 폐기물 처리업체들과의 연계를 통한 기술지식 개발이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 또한 이전 시기에 활발했던 해외 기업과의 연계가 상대적으로 줄어든 반면, 중소기업과의 공동 출원 활동이 활발해졌다. 지리적 측면에서는 기존 포항 중심에서 수도권 및 광양으로 범위가 확장되었다. 그러나 이전 시기와 마찬가지로 커뮤니티 내 행위자들 간 상호 학습보다는, 포스코에 대한 의존도가 매우 높은 양상을 보인다. 이러한 폐쇄성이 짙은 네트워크는 김효미(2005)가 지적했던 바와 같이 포스코가 기업 이윤 차원의 연계를 구축하기 때문에 나타난 것으로 보인다. 포스코는 모든 커뮤니티와 연계를 가지고 있어 이전 시기와 마찬가지로 네트워크 전체에서 중심적인 지위를 차지하고 있으며, 계열사들의 활동을 고려한다면 전체 네트워크 내 영향력이 매우 크다고 볼 수 있다.

GN2는 이전 시기의 G2가 G3와 결합하면서 발전된 RIST 중심의 커뮤니티이다. 이전 시기에 비해 기계 및 장비 제조업체들과의 연계가 활발해졌으며, 한편으로 포스코 계열사 공동 연구의 허브 역할을 하고 있다. 이전 시기 G3의 경우 포스코신기술연구조합을 허브로 각 계열사들이 연계되었던 반면, 2013년에는 계열사들 간의 직접적인 연계가 이루어진 것으로 나타났다. 다만 포스코와 RIST가 다양한 행위자들과 공동 출원을 하는 데 반해, 계열사들은 상대적으로 계열사 중심의 연계를 구축하고 있다. 지리적 중심은 경상북도와 수도권이다.

GN3은 2004년~2013년 시기 새로이 구성된 커뮤니티이다. 동부제철 중심으로 삼성전자, 동부정밀화학 등 상장 대기업으로 구성되어 있으며 지리적 중심은 수도권이다. 이들은 주로 금속 제조업 관련 기업으로 가전제품에 이용되는 강판 소재 관련 기술을 공동 개발하고 있는 것으로 나타났다. 이는 동부제철이 2009년부터 전기로 설비를 통한 열연강판 생산이 가능해지면서 나

타난 변화로 해석된다.

GN4는 2003년 누적 네트워크의 G4가 현대자동차의 연계를 통해 G5와 결합하며 성장한 커뮤니티이다. 이전 시기 한국기계연구원이 중심 행위자 역할을 했던 데 반해, 2013년에는 현대자동차가 중심 행위자 역할을 수행하고 있다. 주로 자동차 제조업이나 금속 제조업과 관련된 행위자들로 구성되어 있다. 지리적 중심은 수도권과 충청권이다. 기아자동차, 고려제강, 포스코특수강과 같은 대기업 계열사들과, 포항공과대학교, 한국과학기술원, 한국과학기술연구원 등 대학 및 연구기관은 커뮤니티 내부뿐만 아니라 타 커뮤니티와도 활발한 연계를 구축하고 있다. 특히 비-영리 행위자의 활동이 두드러지는데, 포항공과대학교는 외부지식을 중개하는 결정적인 역할을 하며 한국기계연구원은 커뮤니티 내 지식을 가교한다. 자동차 및 가전제품과 관련된 특수강 제조 특허가 다수 출원되었다는 점을 미루어볼 때, GN4의 구조에는 수요산업 및 기초과학 지식을 요구하는 특수강 개발 활동의 특성이 반영되어 있다고 판단할 수 있다. GN4는 비철금속 관련 커뮤니티인 GN5와 함께, 철강산업 기술지식 활동이 인접 산업으로 그 범위가 확장되고 있음을 반영하는 커뮤니티이다.

GN5는 한국생산연구원을 중심으로 다수의 비-영리조직과 중소기업이 연결되어 있는 구조로, 주로 비철금속과 관련된 특허를 다량 출원하고 있다. 이는 비철금속이 기존 철강 기술에 비해 기초과학 지식을 요하는 분야라는 점에서 비영리조직인 한국생산연구원의 역할이 두드러지며, 기업 외 다양한 행위자들의 연계를 통한 기술지식 창출 활동이 이루어지고 있는 것으로 보인다. 지리적 중심은 수도권과 충청권이다.

GN6은 2003년 누적 네트워크에서 현대제철과 삼표이앤씨만으로 이루어져 있던 G6이 10개의 행위자로 구성된 커뮤니티로 발전한 것이다. 중심 행위자인 현대제철을 중심으로 다수의 대기업 및 중소기업이 연계되어 있다. 금속 제조업 및 금속가공제품 제조업 관련 기업들이 대다수이며, 수도권을 중심으로 하고 있다. 다른 커뮤니티 대부분 중심행위자가 외부 지식에 대한 중개 역할을 겸하고 있는 반면, GN6의 경우 현대제철 외 다른 행위자의 중개 역할이 두드러진다. 현대제철은 계열사인 현대하이스코와의 연계가 강하며 이외

연계는 대학 혹은 중소기업을 통해 이루어지고 있다. 현대자동차 커뮤니티 GN4와의 연계는 인하대학교<sup>37)</sup>, 포스코 및 RIST와의 연계는 한빛테크, 제일테크노스, 서울엔지니어링, 유니슨 등 기업들의 중개를 통해 이루어지고 있다. 이 중 한빛테크, 제일테크노스, 서울엔지니어링은 중소기업 중에서도 출원 특허 수가 많아 기술적 독자성을 보유한 기업으로 판단되며, 이들은 현대제철 외에도 포스코, RIST, 세아제강 등 행위자와 연계를 형성하고 있다. 세 기업의 특징은 다음과 같다. 한빛테크는 2005년 설립된 도금 및 기타 금속가공업체로 경기도 시흥시에 자리하고 있다. 현재 뿌리기술 전문기업으로 지정되어 있으며, PET소재 전극형성 제조기술 개발사업, NI-MN-B 합금도금기술 등 비철금속과 관련된 국가 기술 개발 프로젝트에 참여하고 있다. 주요 거래 업체는 포스코, 동부제강, 현대제철 등이다. 제일테크노스는 포항시에 입지한 금속가공제품 제조업체이다. 주로 건축 및 조선업에 납품하는 데크를 생산하며, 2007년 포항금속소재산업진흥원 내 R&D 센터를 설립하여 신소재 개발 및 표면처리 기술개발 사업을 추진하고 있다. 마지막으로 서울엔지니어링은 1974년 설립되었고, 제철소용 부품을 제조한다. 인천 남구에 입지하며 주요 공급처는 포스코건설, 포스코, 그리고 현대제철이다. 국내 고로용 설비부품을 생산하는 업체는 사실상 서울엔지니어링이 유일하며, 고로 풍구 분야의 경우 1996년 국산화에 성공한 이후 현재 세계 시장 점유율 20%를 차지하고 있다. 이 세 기업은 배용호 외(2005)가 제안한 기술집약적 중핵기업<sup>38)</sup>의 개념에 일치하는 기업으로 현대제철의 기술지식 학습 및 창출에 기여한 것으로 보인다. 현대제철은 일관제철소가 준공된 2009년 전후로 기술지식 학습에 대한 필요성과 창출 능력이 크게 증가했다. 특히 일관제철소 조업 및 공정에 관련된 기술지식을 학습하고 새로운 지식을 생산하기 위해 해외 철강사와의 라이선싱 및 기술 협약, 숙련 노동자 영입, 계열사 통합 연구소 설립 등의 방식을 채택한 것으로 알려져 있다. 그러나 본 분석에 따르면, 계열사와의 연계는 현

37) 기아자동차를 통해 두 단계 간접연계가 이루어져 있다.

38) 배용호 외(2005)는 부품소재산업의 기술혁신역량 제고 방안 도출에 관한 연구에서 중핵기업의 역할과 그 중요성을 강조하고 있다. 그들은 중핵기업을 재벌 계열사가 아니면서 연구개발 집약도가 높으며 적극적으로 기술 혁신에 대한 투자를 하는 기업으로 정의하고, 그 특징을 정리했다. 철강 및 비철 등 소재산업 내에는 중핵기업의 수가 적으며, 육성 및 지원의 필요성을 강조했다.

대하이스코를 제외하면 상대적으로 미약하며 중핵기업과의 연계가 상대적으로 두드러진다. 이 중핵기업들은 과거 포스코와의 연계를 통해 기술지식을 학습 및 창출한 경험이 있다는 점에서, 포스코와 현대제철 간 기술지식을 중개하는 역할을 했다고 판단된다.

GN7은 2003년 누적 네트워크의 G7이 진화한 형태로 허브앤스포크 구조가 아니라 현대하이스코와 유니온스틸, 포스코강판 세 냉연강판 제조업체가 중심 행위자 역할을 하고 있다는 것이 특징이다. 특히 포스코강판은 이전 시기 포스코신기술연구조합을 중심으로 하는 포스코 계열사 커뮤니티 G3에 속해 있었으나, GN7로 이동하여 산업적으로 더 근접한 행위자들과의 연계가 강해진 것으로 나타났다. GN7의 중심 행위자인 세 기업은 모두 냉연판재그룹에 속하며, 전체 4개의 도금강판 제조업체 중 3개에 해당한다. 그러나 이들 간의 직접적인 상호작용은 부재하며 노루코일코팅, 유니코정밀화학 등 주로 도금과 관련된 화학제품 제조업체들의 중개를 통해 간접적으로 연계되어 있다. 이는 판재압연그룹 내 경쟁 구도를 반영한 결과로 판단된다. 특히 유니코정밀화학의 경우, 중소기업으로서 커뮤니티 내에서 유니온스틸, 현대하이스코와 연계되어 있을 뿐만 아니라, 포스코, RIST와도 연계되어 있어 네트워크 내에서 상대적으로 높은 지위를 차지하고 있다. GN6의 중소기업들과 마찬가지로 중핵기업으로 분류할 수 있다.



### 제3절 소결

제 4장에서는 특허 자료에 의거하여 기술지식 네트워크를 구축하고, 그것의 전역적, 국지적 특성을 분석했다. 분석 결과 제 3장에서 살펴본 철강산업의 전반적인 변화가 기술지식 네트워크에도 반영되고 있는 것으로 나타났다.

제 1절에서는 추출한 특허자료를 기반으로 기술지식 네트워크를 구축하였으며, 그것의 시계열적 형성 과정을 살펴보았다.

제 2절에서는 공동출원 특허 자료로 구축한 기술지식 네트워크의 구조적 특성을 분석했다. 우선 전역적 측면에서 네트워크 위세중심성과 사이중심성으로 구성된 매트릭스를 구축함으로써 두 지표 사이에 양의(+) 상관관계가 있음을 확인하고, 상위 행위자들의 성격을 고찰했다. 이어 위세중심성과 특허출원 수 간 회귀 분석을 통해 네트워크 내 지위와 혁신 능력 간 상관관계를 논의했다. 조직적 유형에 따라 상관계수와 유의도가 상이한 것으로 드러났으며 특히 중소기업은 기업마다 편차가 커서 설명력이 미미한 것으로 나타났다. 이어, 어떠한 유형의 행위자 간에 연계가 형성되어 있는가를 살펴보았다. 시간의 흐름에 따라 포스코와 RIST 간 연계의 비중이 급격하게 줄어든 반면, 기업-기업, 기업-연구원, 기업-대학의 비중은 크게 증가했다. 즉 네트워크 내에서 기업이 주도적인 역할을 하고 있는 것으로 나타났다. 지리적으로 초반에는 각 권역의 내부 연계, 특히 경북권 내부 연계가 우세했으나, 갈수록 권역 간 연계가 증가하면서 네트워크의 밀도가 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. 경북권의 중심성이 완화되었으며, 수도권 및 충청권의 성장세가 두드러졌다. 한편 전남권은 권역 외 연계가 감소하고, 권역 내 연계가 증가했다.

다음으로 기술지식 네트워크의 국지적 특성과 그 형성 과정을 분석하기 위해, 각 2003년과 2013년의 누적 네트워크에 대한 커뮤니티 분석을 실시했다. 각 커뮤니티의 중심 행위자와 산업적, 조직적, 지리적 특성 분석을 통해 네트워크의 형성 동학을 이해하고자 했다. 분석 결과 도출된 결과는 크게 세 가지이다.

첫째, 네트워크 내 행위자가 다양해진 동시에 동일 커뮤니티 내 내부성이 강화되었다. 한국 철강산업의 기술지식 네트워크는 포스코와 RIST, 두 행위자

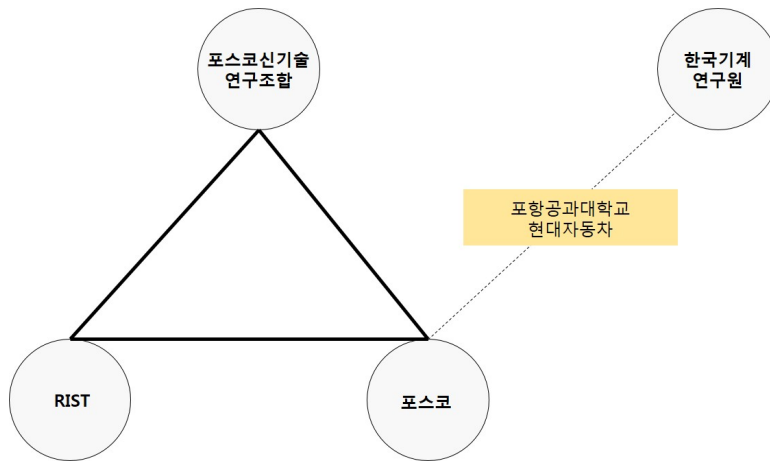
가 형성하는 거대한 클러스터를 중심으로 다른 커뮤니티들이 연계되며 성장했다. 각 커뮤니티는 대기업 혹은 연구원을 중심으로 특정 지리적, 산업적 특성을 공유하는 행위자들이 소속되어 있는 허브앤스포크 구조를 띠고 있다. 특히 점차 중소기업, 연구원, 대학 등의 연계가 증가하는 양상이 관찰되었는데, 이는 기술적 다양화로 인해 다양한 행위자와의 연계 필요성이 증가한 것뿐만 아니라 제도적 차원의 인센티브에서 기인한 현상이라고 판단된다. 정부 기획 R&D 사업에 중소기업이 2/3 이상 참여하는 경우, 75%까지 매칭 펀드 형식으로 보조금을 지원하고 있으며, 대기업의 협력 중소기업에 대한 자금 투자는 감세 대상이다. 연구원의 경우도 마찬가지로 기업 협력 및 기술이전에 대한 제도적 인센티브가 존재한다.

둘째, 동일 부문에 종사하는 기업들 간 연계가 미미하며<sup>39)</sup> 동일 기업집단에 소속된 기업들 간의 연계가 뚜렷하게 나타난다. 일관제철그룹에 속한 포스코와 현대제철은 직접적인 연계가 부재하며 중소기업의 중개로 간접적으로 연계되어 있다. 이와 유사하게 냉연판재그룹에 소속된 유니온스틸, 현대하이스코, 포스코강판의 경우, 동일한 커뮤니티에 속해 있음에도 불구하고 직접 연계 없이 도금 기술과 관련된 기업들의 중개로 간접적으로 연계되어 있다. 반면 모회사-자회사 관계에 있는 동일 기업집단에 소속된 기업들 간의 공동출원 활동은 매우 활발한 것으로 나타났다. 즉 시장 내 위계, 경쟁 관계, 협력 관계가 기술지식 네트워크 형성에 영향을 미치고 있음을 시사한다.

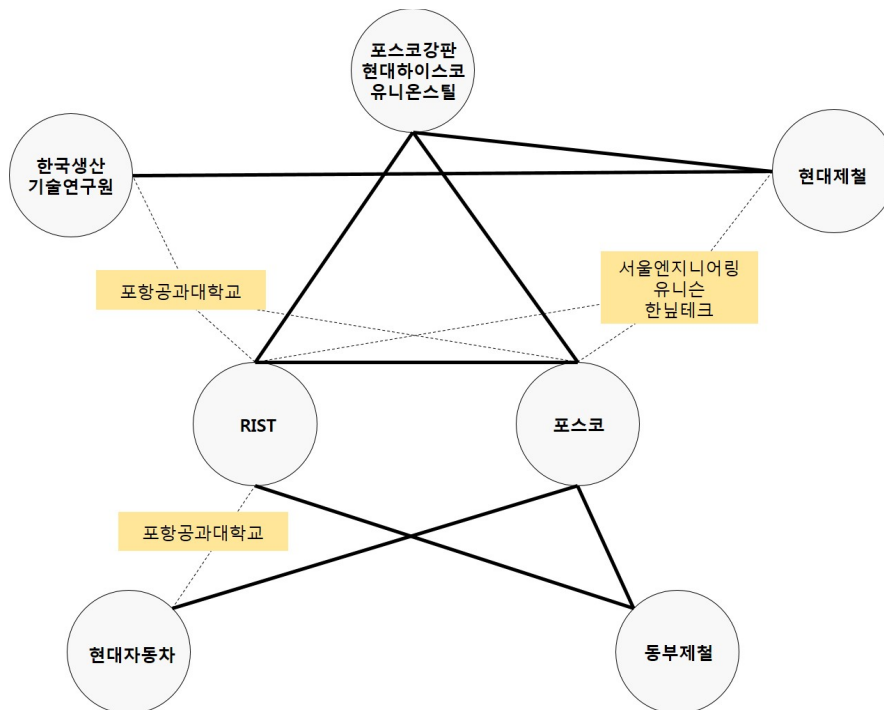
셋째, 네트워크의 형성 과정에 있어서 중개자의 역할이 중요한 것으로 나타났다. 타 커뮤니티와의 중개자 역할은 대부분 중심 행위자가 수행하고 있는 한편 몇 가지 예외가 발견되었다([그림 IV-6], [그림 IV-7]). 우선 현대자동차-RIST, 포스코-한국생산기술연구원, RIST-한국생산기술연구원 커뮤니티 중개에 있어서 포항공과대학교의 역할이 지대한 것으로 나타났다. 커뮤니티 내부에서도 연세대학교, 한국기술연구원 등이 커뮤니티 행위자 간 연계 행위가

39) 한편 대기업 간 공동연구 활동에 대한 공식적 자료가 존재한다. 1990년 한국철강기술연구조합이 설립되어 현재까지 총 17개 대형과제와 2000억 원 이상의 투자비용을 지원받은 바 있다는 것이다. 그러나 출원된 특허 자료 내 발명자 특성을 살펴본 결과 대부분이 포스코 연구원인 것으로 나타나, 실제적인 공동 출원 활동의 증거를 찾기 어려웠다. 산업기술연구조합은 1982년 국가연구개발사업의 컨소시엄으로 출현한 것으로 공동 연구를 장려하는 역할보다는 대형 연구개발 프로젝트의 수행 및 관리에 그 초점이 맞추어져 있는 것으로 보인다(이도형, 2012).

발견되었다. 이는 Kauffeld-Monz and Fritsch (2013)가 로컬 내 파이프라인으로서 비-영리조직의 역할을 규명한 연구와 일치하는 결과이다. 한편 현대제철-포스코, 현대제철-RIST 커뮤니티 간 중개의 경우 서울엔지니어링, 유니슨, 한빛테크와 같은 중핵기업의 역할이 관찰되었다. 현대제철이 2004년 이후 일관제철업에 진출함에 따라 새로운 기술지식을 학습하는 방식은 크게 두 가지, 해외 철강사와의 라이선싱 및 기술 협약과 숙련 노동자 영입인 것으로 알려져 있다(현대제철, 2006). 이는 기존 철강산업 기술 이전 연구(Lazaric et al., 2003; Ribeiro, 2007)에서 밝힌 것과 동일한 요인이다. 그러나 본 연구를 통해 중핵기업의 중개가 또 다른 요인인 것을 규명했다.



[그림 IV-6] 2003년 기술지식 네트워크 단순도



[그림 IV-7] 2013년 기술지식 네트워크 단순도

\*주: 원은 각 커뮤니티. 중심 행위자 표기함. 굵은 선은 중심 행위자 간 직접연계, 점선은 간접연계를 의미함. 간접연계의 경우 사각형에 중개자를 표기함.

## 제5장 한국 철강산업 행위자 간 근접성과 기술지식 네트워크

### 제1절 모형 구축

본 장에서는 각 행위자 간 기술적, 조직적, 지리적 근접성이 기술지식 네트워크 형성에 대해 어떠한 영향을 미치는지 검증하기 위해 LR-QAP 모형을 구축했다. 정확한 예측 모형 구축 목적이 아니므로 상대적 영향력과 시계열적 변화를 중심으로 분석했다.

두 개의 시기, 1988년~2003년과 2004년~2013년으로 나누어 행위자의 공동특허 쌍의 이분형 자료를 종속변수로, 행위자 간 근접성에 관한 관계적 변수를 독립변수로 지정했다. 해당 공동특허 외에 특허 출원 경험이 없거나 2013년을 기준으로 폐업한 경우, 분석에서 제외했다. 분석 대상은 클러스터에 속한 행위자 147개 중 총 132개이며, 이에 대한 기술 통계는 [표 V-1]과 같다.

[표 V-1] 분석 대상 기술 통계

속성	행위자 수(비율)
본사 위치(n=132)	
수도권	56 (42.4%)
충청도	10 ( 7.8%)
강원도	2 ( 1.5%)
경상도	41 (31.1%)
전라도	12 ( 9.1%)
해외	11 ( 8.3%)
설립 년도(n=132)	
1980년대 이전	47 (35.6%)
1980년대	23 (17.4%)
1990년대	27 (20.5%)
2000년대	35 (26.5%)
조직적 유형(n=132)	
상장기업	41 (33.9%)
비상장대기업	17 (14.0%)
중소기업	56 (46.3%)
연구원	9 ( 7.4%)
대학	9 ( 7.4%)
표준산업분류 2-digit 코드(n=114, 기업)	
C20: 화학물질 및 화학제품 제조업	11 ( 9.6%)
C23: 비금속 광물제품 제조업	8 ( 7.0%)
C24: 1차 금속 제조업	27 (23.7%)
C25: 금속가공제품 제조업	10 ( 8.8%)
C29: 기타 기계 및 장비 제조업	23 (20.2%)
C30: 자동차 및 트레일러 제조업	5 ( 4.4%)
E38: 폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	6 ( 5.3%)
F41: 종합건설업	5 ( 4.4%)
기타	19 (16.7%)
특허출원 건수(n=132)	
1~10	105 (79.5%)
10~100	21 (15.9%)
100~1,000	5 ( 3.8%)
1,000~10,000	1 ( 0.8%)

## 1. 기술적 근접성

### 1) 특허 활동 유사성(patent-size)

본 연구에서는 기술적 근접성에 대해 세 가지 변수를 구축했다. 대리 변수로서 산업분류코드를 사용하기도 하나(Breschi et al., 2003), 한국표준산업분류는 항목을 다중으로 등록할 수 없고 분류 체계가 세분화되어 공고되지 않으므로 특허 자료를 활용했다.

특허 활동을 활발하게 하는 행위자일수록 상대 행위자의 보유 기술에 대한 인식이 증가할 수 있다. 해당 시기 이전 누적 출원 수의 차이를 변수 patent-size로 정의하며, 수식은 다음과 같다.  $p_{i,t}$ 는 행위자  $i$ 가 년도  $t$ 에 출원한 특허의 개수이다.

$$patent-size_{ij,t} = \left| \sum_0^{t-1} p_{i,t} - \sum_0^{t-1} p_{j,t} \right|$$

### 2) IPC코드 근접성(tech)

Jaffe(1989)과 Cassi and Plunket(2010)를 따라, 행위자들이 동일한 IPC 코드에서 출원한 빈도에 기반을 두어 변수 tech를 정의했다. 이는 삼각함수 코사인 지수를 사용하여 아래 수식과 같이 계산된다. 여기서  $n$ 은 3-digit IPC code의 개수,  $i, j, k$ 는 각 해당 행위자를 의미하며,  $w_{ik}$ 는  $i$ 와  $k$ 가 각 IPC 분야에서 겹치는 숫자를 의미한다. 이를 통해 모든 행위자 간 출원 IPC 코드의 유사한 정도를 측정하게 된다. 이 변수(tech)는 0과 1 사이의 값으로 클수록 높은 기술적 근접성을 의미한다.

$$tech_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n w_{ik}, w_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n w_{ik}^2 \sum_{k=1}^n w_{jk}^2}}$$

### 3) IPC코드 근접성 역-U 관계( $tech^2$ )

역-U 관계를 규명하기 위해 IPC-코드 근접도 변수의 잠재적인 비선형 효과를 고려할 수 있는  $tech^2$  변수를 구축했다.  $tech$  변수에서 평균값을 삭감한 후 해당 값을 제곱함으로써 낮거나 높은  $tech$ 의 값은 커지고, 중간 수준의  $tech$  값은 작아진다. 따라서 변수가 유의미한 음의 영향력을 지닐 때 역-U 관계가 있다고 판단할 수 있다.

$$tech_{ij}^2 = (tech_{ij} - \overline{tech})^2$$

## 2. 조직적 근접성

### 1) 조직 유형 유사성(org-form)

본 연구에서는 조직적 근접성을 Torre and Rallet(2005)의 유사성의 원리와 소속의 원리에 기반을 두어 조직적 유형 유사성과 조직-간 관계로 구분했다.

우선 모든 행위자를 상장, 비상장대기업, 중소기업, 대학, 공기관, 다섯 가지 유형으로 구분하여, 서로 다른 조직적 유형 간의 협력 패턴을 분석하고자 했다. 동일한 조직적 유형을 가진 행위자 간 연계를 다음 수식과 같이 변수화하고, 이를 org-form으로 정의했다.  $o_i$ 는 행위자  $i$ 의 조직적 유형을 뜻한다.

$$\begin{aligned} org-form_{ij} &= 1 \cdots \text{if } o_i = o_j \\ &= 0 \cdots \text{if } o_i \neq o_j \end{aligned}$$

### 2) 조직 간 관계

조직 간 관계는 ‘관계를 공유하는 정도(Torre and Rallet, 2005)’에 따라 자율에서 통제까지의 연속적인 스케일로 구분할 수 있다. 두 행위자가 완전히 독립적인 행위자인 경우 근접성이 매우 낮고, 반대로 동일한 위계적 시스템의 일부인 경우 매우 높다고 보았다. 이러한 변수를 구축함으로써 제 4장



에서 분석했던 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 위계적 성격과 경쟁 구도를 반영할 수 있으며 역-U 관계 존재 여부를 검증할 수 있다. 조직 간 관계 변수는 대개 이산형 자료라는 특성으로 인해 선행연구에서 역-U 관계에 대한 변수화가 이루어진 바 없다<sup>40)</sup>. 본 분석에서는 근접성의 정도에 따라 일종의 척도 변수 세 가지를 정의함으로써 역-U 관계 존재 여부를 판단하고자 했다.

### 가. 기업집단(org-group)

기업집단은 조직 간 관계의 형식 가운데 가장 위계적인 유형으로 조직적으로 가장 근접한 관계이다. 동일한 기업집단 내에 소속된 기업들은 지식 공유에 많은 비용이 필요하지 않으며, 공동 연구가 용이하다는 장점을 지닌다. 한국 기업집단에 대한 장세진(2001)의 연구에 따르면, 기업집단 차원의 자원공유와 조직 구조 등은 계열사가 경험을 학습할 수 있도록 돕는다. 철강산업 내 기업집단 내 공동 연구개발 활동의 방식을 살펴보면, 현대자동차그룹의 경우 2007년 계열회사를 통합한 연구소를 설치하였으며, 포스코의 경우 본 연구 제 4장에서 살펴본 바와 같이 계열사들이 공동 R&D 사업을 추진할 수 있도록 하기 위해 1995년 포스코신기술연구조합을 설립한 바 있다. 그러나 모든 기업집단 소속 관계가 항상 공동 출원 활동으로 이어지는 것은 아니다. 예컨대 현재 포스코ICT가 된 포스콘의 경우 포스코 설비의 전기제어 및 자동화를 목적으로 설립되어 계열사 의존도가 매우 높았으나, 1993년 이후 설비투자가 위축되면서 불가피하게 독자적인 대외 경쟁력 확보와 네트워크 구축에 매진하게 되었다. 이로 인해 공동 출원 네트워크에 있어서 타 계열사에 비해 기업집단 내 연결 정도가 미약하며, 철강산업 외 전기 산업 내 활동 비중이 높다. 또한 현대자동차그룹과 같이 기업집단 내 공동 연구를 수행했다 라도, 그 출원은 단독으로 이루어지는 경우가 존재해 오히려 자료 상 과소평가 될 가능성 또한 존재한다.

본 연구에서는 동일 기업집단에 소속된 계열사 관계가 공동출원에 어떠한

40) 유일하게 Heringa et al.(2014)이 조직적 근접성의 역-U 관계 여부를 변수화한 바 있다. 그러나 조직 간 관계에 기반을 둔 것이라기보다는, 각 행위자 조직적 특성의 차이를 변수화한 것으로 유사성 측정에 가깝다고 판단된다.

영향을 미치는지를 규명하기 위해, 동일한 계열사에 소속되어 있는 조직 간 연계를 다음과 같이 변수화하고 org-group이라고 정의했다.  $g_i$ 는 행위자  $i$ 가 속한 기업집단이다.

$$\begin{aligned} \text{org-group}_{ij} &= 1 \cdots \text{if } g_i = g_j \\ &= 0 \cdots \text{if } g_i \neq g_j \end{aligned}$$

#### 나. 지분 네트워크(org-equity)

두 행위자는 시장과 위계 두 극단 사이에서 네트워크 형식의 조직적 관계를 가진다. 기술지식이 복잡해지고 변화 속도가 빨라지면서 기업의 기능을 모두 내부화하기보다는 네트워크 형식을 선호하는 경향을 보이면서 나타난 유형이다. 조직 간 네트워크 관계의 형식은 조인트 벤처, 하청, 지분 투자, 협력 및 비-지분 합의, 민족 및 개인적 네트워크, 협력적 마케팅, 공동 R&D, 기술 파이낸싱 등이 있다(Yeung, 2008). 각 형식에 따라 행위자 간의 상호 의존 정도가 상이하며, 이는 조직적 근접성의 척도로 볼 수 있다. 철강산업에서 네트워크 관계를 선호하는 원인으로는 크게 세 가지 원인을 지적할 수 있다. 첫째는 대주주 부재의 소유구조로 인해 적대적 M&A를 방어하기 위한 목적이다. 예컨대 포스코와 신일본제철은 2005년부터 R&D 강화, 기술 교환, 원재료 공동 구매 등에 대한 제휴를 맺으며 상호 지분 교환 관계에 있다(스틸데일리, 2010). 이들은 업계 내 경쟁 관계로써 미탈과 아르셀로가 경험했던 적대적 M&A를 방지하기 위해 이와 같은 네트워크 관계를 유지하고 있다. 특히 포스코는 지주회사 형태의 지분구조를 가지고 있기 때문에 현대제철과 같은 대주주와 순환출자 방식에 비해 적대적 M&A에 취약하기 때문에 선택한 전략이라고 판단된다. 둘째, 비용 절감의 목적이다. 가치사슬 상에서 두 기업이 동일한 원재료를 사용하거나, 동일한 물류 서비스를 제공하는 경우 제휴를 맺는다. 포스코와 세아제강은 강관 분야 베트남 진출에서 공동 투자를 통해 공장을 건설한 바 있으며, 세아베스틸은 자동차 특수강 생산 확대를 위해 진양공업 신 공장 건설에 투자한 바 있다. 셋째는 중소기업에 대한 투자를 통

해 환경 변화에 대응하기 위한 목적이다. 포스코와 풍산, 케이씨케미칼, 화인스틸 등의 예를 들 수 있다. 대기업과 중소기업의 관계는 대부분 장기적인 공급-수요의 관계를 겸하고 있고 최근 제도적 요인으로 인한 기술 제휴가 증가하는 추세이다. 한편 각 행위자는 기업의 문화, 전략적 선택 등에 의거하여 조직 간 네트워크의 형식을 결정하게 된다. 예컨대 포스코, 동부제철, 유니온스틸, 세아제강 등의 경우 많은 기업들과 합작 투자 혹은 지분 소유 관계를 맺고 있다. 반면 현대자동차그룹은 네트워크 형식보다는 위계적 형식을 선호하여, 대부분의 기업 활동을 기업집단 내에서 수행하는 경향을 보인다<sup>41)</sup>.

이러한 조직 간 네트워크가 항상 기술지식 네트워크의 형성으로 연결되는 것은 아니다. 본 연구에서는 기술개발 외 가치사슬 상 다른 부문에서의 조직 간 네트워크, 즉 조직적 근접성의 상태(state)가 기술지식 네트워크 형성이라는 사건(event)을 어느 정도 설명할 수 있는지 검증하고자 한다. 양적 분석의 용이함을 위해 조직 간 네트워크의 형식을 지분 관계와 비지분 관계로 구분했다. 분석의 목적 상 관계 유형 중 기술과 관련된 협정 및 구매는 제외하였고, 위계 및 시장과 구분되는 의미의 네트워크를 분석하고자 하청과 수요-공급 관계 또한 제외했다.

우선 조인트 벤처, 지분 투자, 생산-물류 협력 등 자본 투자의 개념을 가지는 관계를 지분 네트워크 관계에 속하는 형식으로 정의한다. 지분 네트워크 관계는 자금이 투자됨으로써 양사의 손익이 일정 수준 연동되는 효과를 가지며, 그 관계가 중장기적이기 때문에 상대적으로 명시적이다. 따라서 합작 투자 경험이 있거나, 지분을 소유하고 있는 경우, 그리고 기술 외 다른 부문에서 전략적 제휴 관계에 있는 두 행위자 간의 연계를 지분 네트워크(org-equity)로 변수화했다. 즉, 행위자  $i$ 와 지분 네트워크 관계에 있는 행위자 혹은 기업집단  $e_i$ 가 행위자  $j$ 가 속한 행위자 혹은 기업집단  $g_j$ 가 일치하는가의 여부를 변수로 설정했다. 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{org-equity}_{ij} &= 1 \cdots \text{if } e_i = g_j \\ &= 0 \cdots \text{if } e_i \neq g_j \end{aligned}$$

---

41) 이러한 행위자 개별의 특수성을 반영하는 데에 QAP 분석 방법론이 적절하다고 볼 수 있다.

#### 다. 비지분 네트워크(org-nonequity)

경영진이 타 조직에서의 업무 경험이 있거나, 스핀오프 기업, 작업장 파견 훈련 관계의 경우 상대적으로 느슨한 네트워크를 가진다고 볼 수 있다. 이러한 관계로 연결된 두 행위자는 실무적 차원에서 동일한 경험을 공유한다는 측면에서 기술지식 네트워크를 형성할 가능성이 존재한다. 특히 철강산업의 기술 개발에 있어서 작업장과 경험의 공유는 기초과학과의 연계보다 더 중요하다고 볼 수 있다. 다시 말해 실천에 의한 학습의 성격이 강하기 때문에 단순히 개인적 네트워크를 통한 사업의 확장보다, 동일 사업장 내 업무 경험 및 이해가 공동 기술개발 활동에 중요한 요인으로 작용한다고 가정했다. 그러나 지분 네트워크와 같이 수익성이 연동되지 않기 때문에 조직적 측면에서 상대적으로 덜 근접한 관계라고 볼 수 있다.

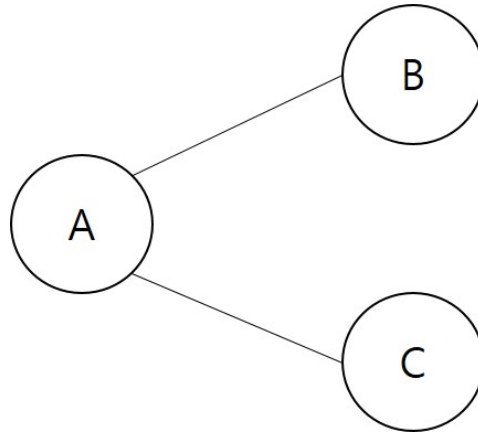
경영진 이력을 기반으로 스핀오프 관계에 있는 경우, 그리고 작업장 파견 훈련 경험이 있는 경우의 행위자 간 연계를 비지분 네트워크(org-nonequity)로 변수화했다. 다음과 같이 행위자  $i$ 와 비지분 관계에 있는 행위자 혹은 기업집단  $n_i$ 가 행위자  $j$ 가 속한 행위자 혹은 기업집단  $g_j$ 가 일치하는가의 여부를 다음과 같이 변수로 설정했다.

$$\begin{aligned} org - nonequity_{ij} &= 1 \cdots \text{if } n_i = g_j \\ &= 0 \cdots \text{if } n_i \neq g_j \end{aligned}$$

#### 라. 네트워크 고착(org-lockin)

위에서 정의한 네트워크 관계 변수를 기반으로 구조적 공백 관계를 다음과 같이 변수화했다. [그림 V-1]과 같이 행위자 A와 조직 간 네트워크(org-equity, org-nonequity)를 형성하고 있는 두 행위자 B와 C가 있다고 가정할 때, A는 상대적으로 불확실성을 통제할 수 있는 능력을 갖게 되며 이를 통해 B와 C 사이 구조적 공백으로부터 창출되는 이윤을 취득할 수 있다. 한편 시간이 지나면서 B와 C는 아는 사람의 아는 사람, 이라는 측면에서 인지적 근접성이 높아져 연계를 형성할 수도 있고(Ter wal, 2014), 혹은 연계를

형성하지 못하고 구조적 고착에 의해 새로운 지식 취득 및 창출이 제한될 수 있다.



[그림 V-1] 구조적 공백과 고착

Ter Wal(2014) 등의 선행연구에서 구조적 공백 관계가 3자 관계를 형성할 것이라고 밝힌 것과 달리, 본 연구에서는 한국 철강산업의 경우 시장 내 위계성과 경쟁 구도로 인해 고착으로 이어질 것이라고 가정했다. 우선 시장 내 위계성이 조직 간 네트워크에 반영되어 있기 때문이다. 대부분의 대기업들이 다중 네트워크를 형성하고 있는 반면, 대다수의 중소기업들은 하나의 대기업과의 네트워크를 구축하고 있다. 또한 경쟁 관계에 있는 기업들 간에 네트워크 관계 형성이 미미하기 때문이다. 예컨대 일본 철강기업인 JFE는 국내 철강 기업인 현대제철, 유니온스틸, 세아제강과 지분 소유 형태의 전략적 제휴를 맺은 바 있다. 이는 JFE의 입장에서 공급기업과의 상호 신뢰 구축을 위한 제휴로, 안정적인 공급처를 확보하려는 전략의 일환이다(스틸데일리, 2006). 반대로 이 세 기업은 냉연강판 분야 내 경쟁관계로, 조직 간 네트워크 관계를 맺고 있지 않다. 이러한 배타성은 소재산업에 관한 배용호 외(2005)가 동일업종 경쟁업체로부터의 기술 획득이 유의미하게 낮음을 밝힌 연구 결과와 일치한다.

네트워크 고착 변수를 통해 행위자 A와 네트워크를 형성하고 있는 행위자 B와 C의 연계가 어느 정도로 공동 출원 활동을 저해하는지 검증할 것이다.

행위자  $i$ 가 형성하고 있는 지분 네트워크  $e_i$ 와 비지분 네트워크  $n_i$ 의 합집합이 행위자  $j$ 의 네트워크  $e_j, n_j$ 의 합집합과 교집합을 형성하고 있는 경우를 1, 아닌 경우를 0으로 변수(org-lockin)를 정의했다.

$$\begin{aligned} org-lockin_{ij} &= 1 \cdots \text{if } (e_i \cup n_i) \cap (e_j \cup n_j) \neq \Phi \\ &= 0 \cdots \text{if } (e_i \cup n_i) \cap (e_j \cup n_j) = \Phi \end{aligned}$$

### 3. 지리적 근접성

#### 1) 지리적 근접성(geo)

지리적 근접성은 행위자 간 물리적 거리로 정의된다. 철강산업은 대표적인 실천에 의한 학습의 특성을 지니는 바, 순수 과학이나 정보통신기술 등과는 달리 현장 적용을 통한 개선 및 혁신이 중요하게 여겨지며, 그러한 측면에서 지리적 근접성이 중요하게 작용할 가능성이 있다. 그러나 동시에 2004년을 기점으로 아산만권의 발전, 세계화 등으로 지리적인 요인이 상대적으로 덜 중요해지는 경향을 보일 가능성 또한 존재한다.

이를 검증하기 위해 본 연구에서 지리적 근접성은 두 행위자 간의 물리적 거리로 측정했다. 따라서 변수의 크기가 커질수록 근접성은 감소하는 관계를 갖게 된다. 변수 구축에 있어서 기존 문헌에서는 주로 본사 위치 혹은 출원 주소를 사용했으나, 이는 행위자들이 다중 입지 전략을 취하고 있다는 사실을 간과한다는 한계가 있다. 본 분석에서는 해당 행위자들의 국내 본사 및 공장입지를 TM좌표계 상 읍동면 스케일로 전수 코딩하고, 두 행위자에 대해 계산된 유클리디안 거리 중 최솟값을 계산했다. 동일한 읍동면에 입지한 경우 전체 최솟값을 적용했다. 그리고 해외에 입지한 행위자와의 거리 문제를 완화하기 위해 해당 값의 자연 로그값을 취했다. 변수 geo의 수식은 다음과 같이 정의된다.  $x_i$ 와  $y_i$ 는 행위자  $i$ 가 입지한 읍동면 폴리곤 무게중심의 좌표이다.

$$g\epsilon o_{ij} = \ln(\min \sqrt{(x_{ik} - x_{jk})^2 + (y_{ik} - y_{jk})^2})$$

## 2) 지리적 근접성 역-U 관계(geo<sup>2</sup>)

역-U 관계를 규명하기 위해 지리적 근접성 변수의 잠재적인 비선형 효과를 고려할 수 있는 geo<sup>2</sup> 변수를 구축했다. geo 변수에서 평균값을 삭감한 후 해당 값을 제곱함으로써 낮거나 높은 geo의 값은 커지고, 중간 수준의 geo의 값은 작아진다. 따라서 변수가 유의미한 양의 영향력을 지닐 때 역-U 관계가 있다고 판단할 수 있다.

$$geo_{ij}^2 = (geo_{ij} - \overline{geo})^2$$

## 4. 변수 기술통계

총 9개의 관계적 변수를 구축했으며 각 변수는 행위자 n개 간 총  $n(n-1)/2$ 개의 연계로 이루어진 매트릭스 변수이다. 즉 2003년의 경우 46개 행위자와 1,035개 연계, 2013년은 105개 행위자와 5,460개의 연계로 이루어져 있다. 이에 대한 기술 통계는 [표 V-2], [표 V-3]과 같다. 이산형 변수의 경우 1값의 비율을 표기했다.

기술 통계를 살펴보면 다음과 같다. 2003년에 비해 2013년에는 네트워크의 밀도가 낮아졌다. 참여 행위자 수가 증가하였으며, 특히 규모 유사도는 감소했다. 한편 조직적 근접성은 전반적으로 감소했다. 과거에 비해 특정한 조직적 관계가 없는 경우에도 공동 출원에 참여하는 수가 증가했음을 의미한다. 전반적인 지리적 근접성은 증가했다.

[표 V-2] 변수 기술 통계(2003년)

변수(변수명)	유형	1값의 비율(%)	평균
<b>종속변수(n=1,035)</b>			
기술지식 네트워크 연계 여부(copatent)	이산형	6.1	0.06
<b>기술적 근접성</b>			
특허 규모 유사성(patent-size)	연속형	-	243.95
IPC코드 근접성(tech)	연속형	-	0.22
IPC코드 근접성 역-U 관계(tech <sup>2</sup> )	연속형	-	0.06
<b>조직적 근접성</b>			
조직적 유형 유사성(org-form)	이산형	30.82	0.31
조직 간 관계: 기업집단(org-group)	이산형	2.32	0.02
조직 간 관계: 지분(org-equity)	이산형	3.82	0.04
조직 간 관계: 비-지분(org-nonequity)	이산형	4.06	0.04
조직 간 관계: 고착(org-lockin)	이산형	13.09	0.13
<b>지리적 근접성</b>			
지리적 거리(geo)	연속형	-	12.37
지리적 거리 역-U 관계(geo <sup>2</sup> )	연속형	-	5.74

[표 V-3] 변수 기술 통계(2013년)

변수(변수명)	유형	1값의 비율(%)	평균
<b>종속변수(n=5,460)</b>			
기술지식 네트워크 연계 여부(copatent)	이산형	2.51	0.02
<b>기술적 근접성</b>			
특허 규모 유사성(patent-size)	연속형	-	127.21
IPC코드 근접성(tech)	연속형	-	0.33
IPC코드 근접성 역-U 관계(tech <sup>2</sup> )	연속형	-	0.04
<b>조직적 근접성</b>			
조직적 유형 유사성(org-form)	이산형	29.38	0.29
조직 간 관계: 기업집단(org-group)	이산형	1.15	0.01
조직 간 관계: 지분(org-equity)	이산형	1.65	0.02
조직 간 관계: 비-지분(org-nonequity)	이산형	1.26	0.01
조직 간 관계: 고착(org-lockin)	이산형	3.74	0.04
<b>지리적 근접성</b>			
지리적 거리(geo)	연속형	-	11.27
지리적 거리 역-U 관계(geo <sup>2</sup> )	연속형	-	2.59



## 제2절 분석 결과

### 1. 상관관계 분석

#### 1) 변수 요약

제 1절에서 구축한 변수들과 그 특성을 요약하면 [표 V-4]와 같다.

[표 V-4] 변수 특성 요약

변수(변수명)	설명
<b>종속변수</b>	
기술지식 네트워크 연계 여부(copatent)	공동 특허 출원 여부
<b>기술적 근접성</b>	
특허 규모 유사성(patent-size)	해당 기간 출원한 총 특허 수의 차이
IPC코드 근접성(tech)	출원 특허의 IPC 코드가 겹치는 정도를 코사인 지수로 산정
IPC코드 근접성 역-U 관계(tech <sup>2</sup> )	IPC 코드 근접성의 잠재적 비선형 관계를 검증할 수 있도록 변수 설정
<b>조직적 근접성</b>	
조직적 유형 유사성(org-form)	각 행위자의 조직적 유형을 중소기업, 비상장대기업, 대기업, 연구원, 학교로 구분. 그것의 동일함 여부
조직 간 관계: 기업집단(org-group)	동일 기업집단 소속 여부
조직 간 관계: 지분(org-equity)	조인트 벤처, 지분 투자, 생산·물류 협력 등 지분 형식의 네트워크 관계 여부
조직 간 관계: 비-지분(org-nonequity)	스핀오프 관계, 작업장 파견 훈련 경험 등 비지분 형식의 네트워크 관계 여부
조직 간 관계: 고착(org-lockin)	동일한 행위자와의 지분 네트워크 혹은 비지분 네트워크 관계 여부
<b>지리적 근접성</b>	
지리적 거리(geo)	두 행위자 간 유클리디안 거리의 자연 로그 값
지리적 거리 역-U 관계(geo <sup>2</sup> )	지리적 근접성의 잠재적 비선형 관계를 검증할 수 있도록 변수 설정

## 2) 상관관계 분석

QAP 상관계수를 계산했다(<부록 B>). 독립변수 간 상관계수는 대부분 0.3 이하로 분석에 적정한 것으로 나타났다. 다만 org-equity와 org-nonequity 변수의 상관계수는 각 0.39, 0.36, 그리고 tech와 tech<sup>2</sup> 변수의 상관계수가 각 0.674, 0.542로 다중공선성의 가능성이 존재할 수 있음을 시사한다.

## 2. LR-QAP 모형 구축 결과

위에서 구축한 종속변수와 독립변수로 LR-QAP 모형을 구축했다. 분석 시 퍼뮤테이션은 각 2,000회씩 실시했다. 2003년 모형은 [표 V-5], [표 V-6], 2013년 모형은 [표 V-7], [표 V-8]와 같다. 계수가 통계적으로 유의미하지 않게 나온 변수를 제거하면 더 정교한 모형이 구축될 것이나, 본 연구에서는 변수의 영향력과 그것의 시계열적 변화를 살펴보는 것이 목적이므로 앞 절에서 구축한 변수를 모두 포함한 모형을 최종 모형으로 선정했다<sup>42)</sup>.

LR-QAP 분석 결과 2003년과 2013년에 대해 R<sup>2</sup>값이 각 0.449, 0.270으로 어느 정도 설명력이 있는 모형을 구축했다. 두 모형의 계수 값의 크기는 변하였으나 부호는 변하지 않아 안정적인 모형인 것으로 판단된다. 다만 시간이 흐름에 따라 모형의 설명력이 감소하는 것을 미루어볼 때 기술적, 조직적, 지리적 근접성 변수로 설명할 수 없는 부분이, 즉 기술지식 네트워크 연계 형성의 불확정성이 점차 증가했다고 판단된다.

우선 모형 구축 결과에 대해 부호를 기반으로 해석하면 다음과 같다. 두 행위자 간 특허 출원 수의 크기 차이가 클수록(patent-size), 기술적으로 유사할수록(tech) 공동 출원 활동을 할 가능성이 높아진다. 또한 서로 다른 조직적 유형인 경우(org-form), 동일 기업집단에 소속되어 있는 경우(org-group), 지분 및 비지분 네트워크를 맺고 있는 경우(org-equity, org-nonequity) 그렇지 않은 행위자에 비해 공동 출원 확률이 높아진다. 반면에 동일한 기업과

---

42) 다중공선성을 보인 변수들을 제외한 모형과 제외하지 않은 모형 간 계수 크기 차이는 있으나 계수의 부호와 유의성 차이는 없는 것으로 확인되었다.

네트워크를 가진 서로 다른 두 행위자는(org-lockin) 공동 출원을 할 가능성이 매우 낮아진다. 위 변수를 모두 포함한 경우에도 지리적 근접성(geo)은 여전히 기술지식 네트워크 형성에 양의(+) 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 기술적, 지리적 역-U 관계 변수( $tech^2$ ,  $geo^2$ )는 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다.

[표 V-5] LR-QAP 분석 결과 - 설명력(2003년)

ID	LL	R-Sqr	Sig	Obs	Perms
Statistics:	-115.013	0.449	0.001	1035	2000

[표 V-6] LR-QAP 분석 결과 - 계수(2003년)

ID	Coef	OddsRat	T	Sig	P(ge)	P(le)
Intercept	-1.611	0.200	-1.188			
기술	patent-size	0.001**	1.001	8.807	0.027	0.974
	tech	5.894***	362.775	6.378	0.001	1.000
	tech <sup>2</sup>	-8.606	0.000	-24.429	0.146	0.855
				0.146	0.855	0.146
조직	org-form	-0.855	0.425	-1.897	0.188	0.813
	org-group	2.928***	18.695	4.430	0.002	0.002
	org-equity	1.005*	2.731	2.169	0.055	0.055
	org-nonequity	1.112	3.041	2.114	0.110	0.110
	org-lockin	-4.022***	0.018	-1118	0.004	0.997
지리	geo	-0.274*	0.760	-2.495	0.063	0.938
	geo <sup>2</sup>	-0.028	0.973	-1.020	0.361	0.640

\*주: p-value: <0.1(\*), <0.05(\*\*), <0.01(\*\*\*)

[표 V-7] LR-QAP 분석 결과 - 설명력(2013년)

ID	LL	R-Sqr	Sig	Obs	Perms
Statistics:	1488.019	0.270	0.001	5460	2000

[표 V-8] LR-QAP 분석 결과 - 계수(2013년)

ID	Coef	OddsRat	T	Sig	P(ge)	P(le)
Intercept	-2.348	0.096	-3.619			
기술	patent-size	0.001***	1.001	20.594	0.007	0.994
	tech	4.324***	75.460	6.998	0.004	0.997
	tech <sup>2</sup>	-0.597	0.551	-0.561	0.441	0.441
조직	org-form	-1.039***	0.354	-5.149	0.008	0.993
	org-group	2.999***	20.069	11.684	0.001	1.000
	org-equity	0.523	1.687	1.882	0.211	0.790
	org-nonequity	1.612***	5.012	5.851	0.008	0.993
	org-lockin	-4.959**	0.007	-1416.480	0.022	0.979
지리	geo	-0.290**	0.748	-5.168	0.027	0.974
	geo <sup>2</sup>	-0.012	0.988	-0.667	0.552	0.552

\*주: p-value: <0.1(\*), <0.05(\*\*), <0.01(\*\*\*)

각 변수군의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 우선 기술적 근접성의 경우 2003년에 비해 2013년에는 IPC코드 근접성(tech)의 양(+)의 영향력이 줄어들었다. 이는 기술적 다양성의 증가를 반영하는 결과라고 보인다. 한편 역-U 관계(tech<sup>2</sup>)를 검증해본 결과 음의 부호를 띠고 있으나 두 시기 모두 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 두 변수의 높은 상관관계를 고려해볼 때 역-U 관계의 존재를 확인할 수 없으며 선형 관계에 가까운 것으로 추정된다. 이는 Cantner and Meder(2007)과 Heringa et al.(2014)의 연구 결과와 동일하다. Cassi and Plunket(2014)이 지식의 성격에 따라 공동 개발 활동을 구분한 바와 같이, 철강산업의 기술개발 및 특허 출원 활동은 탐색보다는 개발의 성격이 강하기 때문에 기술적으로 근접할수록 네트워크 연계 형성 확률이 높아지는 것으로 보인다. 동시에 제 4장에서 분석한 바와 같이 기술 기반이 넓은 대기업 및 연구원 중심의 구조적 영향 또한 존재할 것이라고 판단된다.

조직적 근접성을 살펴보면, 2003년에 조직적 유형 변수(org-form)가 유의미하지 않게 나타났던 것과는 달리 2013년에는 서로 이질적인 조직적 유형일 때 유의미한 양(+)의 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 이는 특히 기업의 경

우, 경쟁 관계에 있을 확률이 높은 동일 유형의 행위자보다는 대기업-중소기업, 대기업-연구원 간의 연계가 활발해진 것과, 2004년 이후 기술적 범위가 넓어짐에 따른 기존 기업 중심에서 연구원 및 대학 행위자의 증가를 반영한다. 조직 간 관계에 관련된 4개의 변수들은 각기 다른 양상을 보인다. 우선 동일 기업집단 소속 여부(org-group)는 두 시기 모두 비슷한 영향을 미친다. 계수가 상대적으로 높은 것을 미루어보아 철강산업에서는 위계적인 조직 간 관계가 연계 형성에 강한 양의 영향력을 미침을 알 수 있다. 지분 네트워크 변수(org-equity)의 경우 2003년에는 유의미한 양의 영향을 주는 것으로 나타난 반면, 2013년에는 계수가 줄어들고 통계적으로 유의미하지 않다. 반대로 비지분 네트워크 변수(org-nonequity)는 2013년에 양의 영향력이 커지고 p-value 또한 감소했다. 즉 시간이 흐름에 따라 통제력이 강한 지분 네트워크에 비해 명시적 통제가 없는 비지분 네트워크의 영향력이 더 커졌다. 고착 변수(org-lockin)는 두 시기 모두 음(-)의 영향을 미쳤으며, 2013년에 그 강도가 상대적으로 강해졌다. 즉 동일한 행위자와 네트워크 관계에 있는 서로 다른 두 행위자는 간접적인 연계에도 불구하고 서로 기술지식 부문에서 상호작용을 할 확률이 매우 낮다. 시간이 흐름에 따라 행위자 다양성은 증가했지만 중심행위자 중심의 배타적 연계로 인해 행위자 간 상호작용은 미미해 낮은 밀도의 네트워크가 형성되어 있다.

지리적 근접성은 두 시기 모두 유의미하게 양의(+) 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기술적, 조직적 변수를 통제한 상태에서도 지리적 근접성은 여전히 유의미하게 중요한 요인으로 작용한다. 제 4장에서 살펴본 바와 같이 커뮤니티 내 연계의 내부성이 심화되면서 지리적으로 근접한 행위자 간의 연계가 활발하며, 이는 각 커뮤니티의 허브 행위자들이 다중입지 전략을 통해 타 커뮤니티와 연계한다는 사실에 연유한다. 또한 지리적 근접성 역-U 관계는 유의미하지 않아 기술적 근접성과 마찬가지로 선형 관계에 있는 것으로 추정된다.

### 제3절 소결

5장에서는 기술지식 네트워크에서 거대 클러스터를 이루고 있는 행위자들에 대한 LR-QAP 모형을 구축했다. 분석은 제 4장 2절의 커뮤니티 분석과 마찬가지로 2004년을 기준으로 두 개의 시기로 나누었다. 기술지식 네트워크 내 행위자 간 연계 형성 여부를 종속변수로 하며, 두 시기 각 46개, 105개의 행위자에 대한 근접성 변수를 독립변수로 지정했다. 근접성 변수는 크게 세 가지, 기술적·조직적·지리적 차원으로 구분하였으며, 모형을 기반으로 각 변수들의 유의성과 역-U 관계 존재 여부를 검증했다.

분석 결과 모형의 설명력과 더불어 변수 대부분이 유의미한 것으로 나타났다. 시간에 따라 행위자가 다양해졌음에도 불구하고, 기술적 근접성과 지리적 근접성은 네트워크 형성에 긍정적인 영향력을 미쳤다. 역-U 관계 변수는 유의하지 않은 것으로 나타나 지나친 근접성이 야기하는 부정적 효과는 확인할 수 없었다(그림 V-2)]. 이는 탐색적 성격이 강한 철강산업의 특허출원 활동의 성격뿐만 아니라, 네트워크 내 위계적 성격으로 인해 나타나는 특성으로 판단된다. 다시 말해 각 커뮤니티가 기술적·지리적으로 근접한 행위자들로 구성된 강한 허브앤스포크 구조를 가지고 있고, 동시에 각 중심 행위자들이 넓은 기술 베이스와 다중입지 전략을 기반으로 다중 연계를 형성하고 있기 때문에 나타난 현상이다. 따라서 Cantner and Meder(2007), Heringa et al.(2014) 등의 연구 결과와 유사하게 역-U 관계가 아닌 선형 관계에 가깝다고 볼 수 있다.

조직적 근접성의 경우 세 개의 변수 기업집단 소속(org-group), 지분 네트워크 관계(org-equity), 비-지분 네트워크 관계(org-nonequity) 순으로 ‘소속의 원리(Torre and Rallet, 2005)’와 ‘관계가 공유되는 정도(Boschma, 2005)’의 강도가 약해지는 것으로 정의하고, 그것이 네트워크 내 연계 형성에 어떠한 영향을 미치는지 규명했다. 그 결과 모두 양(+)의 영향력이 있으며, 그 중 기업집단 소속 여부가 강한 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 시간이 지남에 따라 지분 네트워크의 설명력은 유의미하지 않게, 비-지분 네트워크의 설명력은 유의미하게 변화했다. 한편 네트워크 고착 변수(org-lockin)가 큰

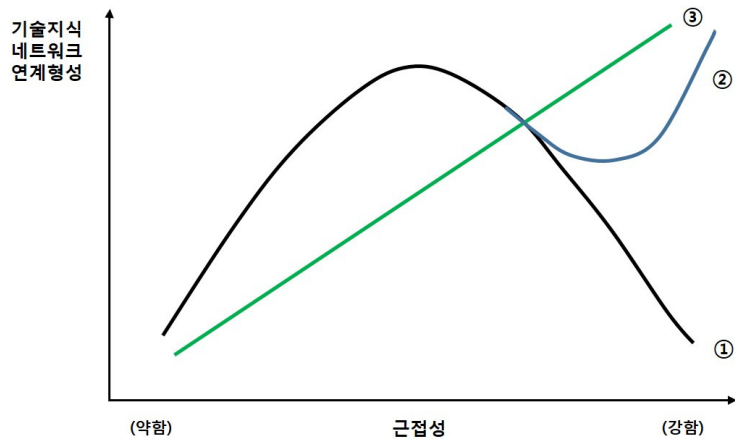
음(-)의 영향력이 있는 것으로 나타나, 특정 행위자와 네트워크 관계를 맺고 있는 서로 다른 두 행위자는 기존 연구(Ter Wal, 2014)와 달리 고착 상태에 머무는 경향이 강함을 알 수 있다. 철강산업 기술지식 네트워크가 대기업 주도 하에서 폐쇄적인 성격이 강함을 시사하며, Albino et al.(1999), 배용호 외(2005), 김효미(2005)의 연구에서 지적인 바와 같은 맥락의 결과이다. 제 3장 2절에서 살펴본 바와 같이 철강산업 내에서 기존의 고도로 위계적이었던 기업-간 관계가 완화되고 전략적 제휴 형식의 네트워크 조직 형태가 출현하고 있음에도 불구하고, 여전히 기업집단과 그가 형성하는 네트워크에는 권력과 비대칭성(Grabher, 1993)이 내재되어 있는 것으로 볼 수 있다.

org-group, org-equity, org-nonequity, org-lockin, 4개 변수의 계수를 바탕으로 조직적 근접성과 연계 형성 간 역-U 관계 존재 여부를 판단할 수 있었다. 기존 연구에서는 조직적 근접성이 관계 여부, 즉 이변량으로 측정된다는 문제로 인해 기술적, 지리적 근접성과 유사한 방식으로 역-U 관계 존재를 검증할 수 없었다. 본 연구에서는 조직적 근접성을 일종의 서열 척도로 변수화하여 역-U 관계를 검증하고자 했다. 2013년 모형을 기준으로 낮은 수준의 근접성부터 설명하면 다음과 같다. 네트워크 고착(org-lockin) 관계와 같이 타 행위자를 통해 간접적으로 연결되어 있는 행위자들은 연계를 형성할 확률이 매우 낮다. 즉 어떠한 형식으로도 직접적인 관계를 가지고 있는 경우 확률이 높아진다. 비지분 네트워크(org-nonequity) 관계를 형성하고 있는 경우 양의(+) 영향력이 높아지는 반면, 지분 네트워크(org-equity)는 비지분 네트워크에 비해 양의(+) 영향력이 작고 유의미하지 않다. 조직적 근접성이 상대적으로 높은 지분 네트워크의 영향력이 감소한다는 측면에서, 이 부분까지는 기존 역-U 형태와 유사한 모습을 보인다. 그러나 근접성이 가장 높은 동일 기업집단에 소속되어 있는 경우 다시 확률이 높아지는 양상을 보인다. 오히려 조직적 근접성이 매우 높은 경우 연계를 형성할 확률이 높아지는 것이다. 따라서 감소했다가 다시 증가하는 물결 모양에 가까운 형태를 띠게 된다. 이는 Rowley et al.(2000)의 기업 간 제휴 네트워크에 대한 분석에서, 반도체산업은 강한 연계의 약함이 존재하는 반면 철강산업은 그렇지 않으며 네트워크 내 강한 연계가 경제적 산출물에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과와 연결된

다. 이러한 구조 안에서 특정 행위자와 배타적 네트워크를 맺고 있지 않은 행위자가 더 다양한 행위자와의 공동 연구를 통해 지식 창출을 할 가능성이 높다고 가정할 수 있다. 즉 다중 네트워크 전략을 구사하거나, 조직 간 네트워크를 아예 형성하지 않는 행위자가 유리할 가능성이 높다는 것이다. 우선 다중 네트워크 전략을 구사하는 예시를 살펴보기 위해 유니슨과 한국내화를 비교하면 다음과 같다. 동일한 상장 기업일지라도 현대로템, 동국S&C 출신 경영진으로 구성되어 있는(다중 비-지분 네트워크 연계) 유니슨의 경우, 이들은 상대적으로 자유로운 공동 출원 활동을 하고 있다. 반면 현대자동차 그룹 범계사로 구분되어 있고 당진제철소 준공과 함께 김해에서 당진으로 이전한 한국내화의 경우(단일 지분 네트워크 연계) 기술지식 네트워크 또한 현대제철과의 연계에 고착되어 있는 것으로 나타난다. 한국내화와 유사하게 특정 대기업과 단일 지분 네트워크 연계를 형성하고 있는 삼표이앤씨, 삼정피앤에이 등의 기업들은 지속적인 공동개발 활동이 이어지지 않으며 동시에 해당 연계 외 다양한 연계를 형성하지 못하는 경향을 보인다. 대기업의 경우에도 이와 유사한 경향을 보인다. 일본 JFE와 지분 네트워크 관계에 있는 현대제철, 유니온스틸, 세아제강은 JFE와 기술제휴를 한다는 발표는 있었으나 공동출원 내역은 존재하지 않는다. 이와 동시에 네트워크 연계의 고착으로 인해 해당 세 기업 간의 연계 또한 존재하지 않는다. 다음으로 네트워크 전략을 구사하지 않는 중소기업의 예시를 살펴보면 다음과 같다. 본 연구의 제 4장 커뮤니티 분석에서 포스코와 현대제철 모두와 기술개발 활동을 하는 것으로 나타나 중핵기업으로 분류되었던 서울엔지니어링과 한빛테크는 비/지분 네트워크를 형성하고 있지 않다. 이러한 전략을 통해 여타 중소기업들이 겪고 있는 고착을 회피하고 기술지식 네트워크 상 중개자 지위를 점할 수 있는 것으로 판단된다.



[그림 V-2]는 기존 문헌에서 주장했던 역-U 관계를 본 분석 결과를 토대로 재해석한 것이다.



- ① 역-U 관계(Boschma, 2005; Wuyts, 2005; Nooteboom et al., 2007)
- ② 물결 관계(본 연구의 조직적 근접성)
- ③ 선형 관계(본 연구의 기술적, 지리적 근접성; Cantner and Meder, 2007; Heringa et al., 2014)

[그림 V-2] 수정된 근접성과 연계 형성의 역-U 관계

## 제6장 결론

본 연구는 한국 철강산업이 성숙한 기간산업이라는 세간의 인식과는 달리 급격한 변화를 경험하고 있으며 지속적이고 활발한 기술지식 활동이 이루어지고 있다는 사실에서 시작되었다. 특히 이를 산업 내 구조적 측면과 기업 등 행위자 간 관계 안에서 고찰함으로써 기존 특정 지역 혹은 기업 분석에서 보기 힘들었던 부분을 분석하고자 했다. 1988년부터 2013년까지의 특허 공동출원 자료를 기반으로 한국 철강산업의 기술지식 네트워크의 형성 메커니즘을 분석했다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 한국 철강산업은 기술적, 조직적, 지리적 측면에서 상당한 변화를 경험하고 있다. 특히 IMF 이후 대규모 구조조정과 2000년 포스코 민영화, 2004년 관세 철폐 및 현대제철의 한보철강 인수, 온실가스 저감 압박 등의 일련의 제도 변화로 인해 산업 환경이 급속도로 경쟁적인 성격을 띠게 되었다. 시장 내 경쟁 강도가 심화되고 공급자 위주 시장에서 수요자 주도적 시장으로 점차 변모하고 있다. 이에 따라 기술적으로 자동차산업 및 비철산업 등 그 범위가 넓어졌으며 고강도·고기능 제품 개발에 대한 필요성이 증대되었다. 조직적 측면에서는 기존 포스코의 독점력이 약화되면서 경쟁이 심화된 것이 특징이다. 이와 더불어 유연화가 진행되면서 네트워크 형식의 관계를 통해 외부 자원을 활용하는 경영 기법의 사용이 증가했다. 지리적으로 기존 포항의 중심성이 완화되면서 수도권 및 충청권으로 분산되는 경향을 보인다. 철강산업 내 주요 행위자인 기업들은 다양한 투자와 인수합병, 공장 폐쇄 등의 공간적으로 생산 설비를 조직화했다. 이로 인해 주요 행위자인 대기업들의 설비는 다중입지하게 되었으며, 이를 기반으로 기술개발 활동, 전략적 제휴 등 고유한 경영 활동을 영위하고 있다.

둘째, 한국 철강산업의 기술지식 네트워크는 산업 내 위계, 경쟁 관계, 제휴 관계 등을 반영하고 있다. 특히 초기에는 포스코가 전체 네트워크의 중심 행위자로 중개자의 중개자(broker of brokers) 역할을 하며 폐쇄적 네트워크를 구축하고 있었다. 2004년 이후 네트워크 내 행위자가 다양해지고 기술적, 지리적 저변이 확대되었으나, 이와 동시에 연계의 내부성이 강화되면서 강한 허브앤스포크 구조를 형성한 것으로 나타났다. 주로 대기업 및 연구원으로

구성된 각 커뮤니티의 중심 행위자는 내부 행위자들과 배타적인 연계를 구성할 뿐만 아니라, 외부지식을 커뮤니티 내로 중개하는 역할 또한 수행하고 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 기술지식 네트워크는 중심행위자와, 관련 행위자들 간의 폐쇄적 연계를 바탕으로 형성되었음을 확인할 수 있었다. 예외적으로 비-영리조직과 중핵기업의 중개자 역할이 관찰되었는데, 특히 2004년 이후 일관제철업에 진출한 현대제철과 기존 제철 기술 역량을 보유한 포스코 간의 지식을 중개하는 데에 중핵기업이 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

셋째, 한국 철강산업 기술지식 네트워크의 형성에는 행위자 간 기술적, 조직적, 지리적 근접성이 유의미한 영향력을 미친다. 기술적으로는 출원 수의 차이가 클수록, 그리고 기술코드의 근접성이 높을수록 연계 형성 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 역-U 관계는 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 지리적 근접성 또한 마찬가지로 거리가 가까울수록 연계 형성 확률이 높아지며, 역-U 관계는 확인되지 않았다. 이는 철강산업의 기술개발 활동이 지리적으로 국지화되고, 기술적으로 폐쇄적임을 의미하는 것이 아니다. 오히려 중심행위자가 넓은 기술적 범위와 다중업지를 바탕으로 중소기업을 비롯한 다양한 행위자들과 배타적으로 기술지식 활동을 영위한다는 사실을 반영하는 결과에 가깝다고 볼 수 있다.

조직적 근접성의 경우 총 다섯 개의 변수를 구축했다. 우선 조직적 유형이 서로 다를수록 연계 형성 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 이러한 경향성은 시간이 흐름에 따라 강화되고 유의미해졌다. 이를 미루어 볼 때 기업 외 다양한 유형의 행위자 증가와 기술적 다양성의 확대가 반영된 결과라고 볼 수 있다. 다음으로 조직 간 관계의 영향력을 검증하고 동시에 조직적 근접성의 역-U 관계 존재여부를 검증하기 위해 네 가지 변수를 구축했다. 위계적 관계부터 네트워크 관계, 간접적 관계를 모두 고려하고자 했다. 그 결과 기업 집단 소속 여부가 매우 강한 요인으로 나타났으며, 지분-네트워크와 비-지분 네트워크 모두 양의(+) 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 단 시간이 흐르면서 지분-네트워크의 영향력은 줄어들고 비-지분 네트워크의 영향력이 유의미해지는 변화가 관찰되었다. 마지막으로 구조적 공백의 형태로 간접 연계되어

있는 경우, 기존 연구에서 간접 연계를 통해 시간이 흐름에 따라 3자 관계가 형성될 것이라고 본 것과는 달리 본 연구에서는 오히려 관계의 고착 효과가 존재하는 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 철강산업의 경우 선행연구에서 이론적, 실증적으로 제시했던 역-U 관계가 다른 양상을 보이는 것으로 나타났다. 조직적 근접성이 가장 높은 기업집단 변수의 양의(+) 영향력이 크고 유의미하게 나타나므로 물질 모양의 관계에 가깝다. 이는 기존 혁신지리학에서 주로 다수의 중소기업 및 연구기관으로 구성된 첨단 산업을 다루었던 연구 결과와는 다소 상이한 것으로, 산업 내 위계성이 존재하는 대다수의 성숙산업 및 장치산업에서 위와 같은 특성을 보일 것으로 예상된다.

결론적으로 본 연구는 한국 철강산업이 기술적 다양화, 조직적 유연화, 지리적 분산화를 경험했으며, 기술지식 네트워크는 대기업을 중심으로 그들의 기술적 필요성과 지리적 용이함에 따라 폐쇄적으로 조직화되는 방식으로 형성되었음을 고찰했다. 이는 중심 행위자 및 기업집단의 주도성이 매우 크다는 산업 내 위계적 성격에 기인한 것이다. 동시에 이러한 네트워크에 내재된 비대칭적 권력과 폐쇄성에도 불구하고, 비영리조직과 중핵기업의 중개자 역할이 상호 학습 및 혁신에, 나아가 산업 발전에 중요한 역할을 하고 있다는 사실 또한 확인할 수 있었다.

본 연구는 다음과 같은 학술적, 정책적 함의를 지닌다.

첫째, 성숙산업의 기술지식 활동을 다룸으로써 혁신 연구 내 논의 다양화에 기여했으며, 분석의 경계를 지리적 차원이 아닌 네트워크 및 행위자 차원에서 결정함으로써 최근의 지리적 변화를 다룰 수 있었다는 의의가 있다. 방법론적 측면에서는 근접성 접근법과 네트워크 분석 방법론을 일관성 있게 모형화했다. 기존 경제지리학 내 QAP 모형에서 네트워크 내생 변수를 추가했다는 한계를 조직적 근접성 변수의 구축을 통해 극복했다. 특히 기존 근접성 연구에서 충분히 다루지 못했던 조직적 근접성을 세분화하여 측정했고 이를 통해 역-U 관계 존재 여부를 실증적으로 검증했다는 의의가 있다.

둘째, 정책적 측면에서 본 연구는 중소기업 지원 정책에 대한 실증적 근거 자료로 활용될 수 있다. 향후 철강산업 기술개발 활동에 관한 정책은 기술지식 네트워크의 밀도를 높이고, 현재의 강한 허브앤스포크 구조와 달리 활발

한 상호 연계가 이루어질 수 있는 별(star) 구조를 구축할 수 있는 정책이 필요하다라는 방향성을 제시할 수 있다. 연구 결과를 바탕으로 다음 두 가지 방안을 제안할 수 있다. 첫째, 공공의 기능을 강화하고 중소기업 간의 협력을 유도하는 정책이 병행되어야 한다. 예컨대 현재 중소기업청 등이 시행하고 있는 대기업-중소기업 상생 정책은 조직적 종속성을 야기할 수 있다는 점에서 문제의 소지가 있다고 볼 수 있다. 따라서 중소기업의 기술적 역량에 따른 차별적인 지원 프로그램을 개발해야 하며, 특히 연구 집약도와 조직적 자율성이 높은 중핵기업을 육성함으로써 중소기업 간 기술개발을 장려할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 대기업으로 구성된 한국철강기술연구조합에 대한 R&D 투자의 인센티브 구조를 수정할 필요가 있다. 서로 다른 기업에 소속된 연구원들 간 특허 출원 혹은 논문 발행에 대한 보상 시스템을 구축한다면 현재 미미한 대기업 간 연계의 촉매 역할을 할 수 있을 것이다. 둘째, 지리적 특성 외 기술적, 조직적 특성을 고려한 정책이 수립되어야 한다. 클러스터 육성과 같은 지리적 근접성에 치중한 정책을 넘어 기업의 기술적 특성과 조직적 관계 내 지위 등을 고려한 정책이 필요하다. 예를 들어 기술적으로 거리가 있는 수요산업과의 작업장 견학 프로그램 등을 통해 고착을 피하고 긍정적인 방식으로 조직적 근접성을 높이는 정책을 실행할 수 있을 것이다.

본 연구는 다음과 같은 한계점이 있다. 정책적 측면에서, 인터뷰를 통해 중핵기업의 기술 자립도 구축 과정과 구체적인 활동을 다룬다면 좀 더 현실적이고 구체적인 정책을 제시할 수 있을 것이다. 방법론적 측면에서는, 근접성 변수 설정에 있어서 공시 자료에 더해 인터뷰를 통해 자료를 보완하지 못했다는 한계가 있다. 특히 조직적 근접성에 대해 본 연구에서는 기업 정보 보호로 인해 질적 분석을 병행할 수 없었으나, 향후 인터뷰 등을 통해 기업의 의도 및 전략 분석이 이루어져야 할 것이다. 또한 본 분석에서 한 단계 나아가 기술지식 네트워크가 혁신도, 매출액, 영업이익 등의 기업 생산성과 어떠한 연관성을 가지는지에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다. 본 연구의 4장에서 네트워크 내 지위와 혁신성 간 연관관계가 있음을 확인하였으나 심화 분석을 수행한다면 더 정교한 정책 제시가 가능할 것이다. 이러한 한계점은 향후 연구에서 보완될 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- 구양미, 2008, 한국 고령친화산업의 행위주체 네트워크 연구: 형성과정과 구조적·공간적 특성, 서울대학교 지리학과 박사학위논문.
- 국토부, 1992, 아산만권 광역개발계획.
- 김경찬, 2011, 주요 철강사들의 자동차강판 글로벌 전략유형 분류에 관한 연구, International Trade Business Institute Review 17(2), 85-108.
- 김상곤, 2007, 포항철강산업 네트워크의 특성과 영향구조에 관한 연구, 영남대학교 박사학위논문.
- 김은미, 장덕진, Granovetter, M., 2005, 경제위기의 사회학, 서울: 서울대학교 출판부.
- 김용학, 2010, 사회 연결망 이론, 서울: 박영사.
- 김원준, 조용래, 김남일, 2012, 모바일 산업에서의 특허기반 기술지식 네트워크 패턴과 산업혁신전략, 한국지식재산연구원.
- 김주한, 정은미, 황윤진, 이임자, 이재덕, 윤동진, 2006, 소재산업의 경쟁력 강화를 위한 글로벌 네트워크체제 구축 전략, 산업연구원 연구보고서 제514호, 77-126.
- 김천옥, 2014, 한국기계공업사-42, 기계저널 10(5), 46-56.
- 김효미, 2005, 철강산업에 있어서 기술이전의 공간특성: 포항철강산업단지를 사례로, 경북대학교 석사학위논문.
- 류상영, 2001, 포항제철 성장의 정치경제학: 정부-기업관계, 연속논쟁, 지대추구, 한국정치학회 35(2), 67-87.
- 모세준, 2013, 자동차 경량소재 개발 동향 및 완성차업체 대응, 자동차경제, 41-52.
- 박삼옥, 1999, 현대경제지리학, 서울: 아르케.
- 박삼옥, 2002, 네트워크세계의 산업: 산업의 세계화와 국지화, 대학지리학회지 37(2), 78-95.
- 박재민, 성태경, 박원구, 2011, MIS분야의 기술추격 과정 연구: POSCO의 사례, 기술경영경제학회 19(1), 203-228.

- 박준형, 광기영, 한희준, 김윤정, 2013, 기업 간 특허인용 관계 결정요인에 관한 연구, 한국지능정보시스템학회 19(4), 21-37.
- 박희진, 2006, 철강산업의 공간연계와 혁신환경: 포항철강 산업단지 입주업체를 사례로, 경희대학교 석사학위논문.
- 배용호, 이광호, 황석원, 엄미정, 2005, 부품소재산업의 기술혁신역량 제고: 중핵기업을 중심으로, 과학기술정책연구원.
- 백덕현, 2010, 근대 한국 철강산업 성장사, 서울: 한국철강신문.
- 산업은행, 2006, 세계철강산업의 통합화 현황 및 시사점.
- 서울대학교, 2014, 지식재산권과 기술이전의 이해, 서울대학교 산학협력단.
- 송성수, 1999, 철강산업의 기술혁신패턴과 전개방향, 과학기술정책연구원.
- 송성수, 2002, 한국 철강산업의 기술능력 발전과정 - 1960~1990년대의 포항제철, 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정 박사학위논문.
- 송성수, 송위진, 2010, 코렉스에서 파이넥스로: 포스코의 경로실현형 기술혁신, 기술혁신학회지 13(4), 700-716.
- 신두인, 2014, 한국 철강산업의 공정별 발달과정과 입지 변화에 관한 연구, 한국교원대학교 석사학위논문.
- 유성중, 2002, 철강산업의 입지에 의한 지역변화: 광양지역 사례분석, 전남대학교 박사학위논문.
- 이경철, 2014, 철강 산업과 특허, 재료마당 27(3), 39-43.
- 이도형, 2012, 기술혁신 및 사업화를 위한 파트너십 모델 활성화 방안 모색: 산업기술연구조합의 운영 모델과 관련하여, 한국과학기술기획평가원.
- 이정록, 2004, 광양제철소의 입지와 지역의 인구변화: 1980~2011, 한국경제지리학회 7(1), 83-96.
- 이종인, 2012, 지역사회 정책 결정과정에 있어서 이해당사자의 영향력에 관한 연구: 송산지방산업단지 조성사업 결정을 중심으로, 국민대학교 박사학위논문.
- 임영훈, 박삼옥, 2009, 한국 광산업 기술지식 창출의 공간구조, 대한지리학회 44(3),

355-371.

- 임화진, 2013, 사회 네트워크 분석을 통한 지식 네트워크의 국토공간 구조분석, 국토 계획 48(6), 235-248.
- 장세훈, 2013, 포항제철 설립의 정치사회학: “스케일의 정치”를 통해 본 사회세력 간 역학관계를 중심으로, 공간과 사회 44, 199-228.
- 전범수, 2005, 글로벌 통신 기업들의 전략적 제휴 구조: 1990~2004, 한국방송학보 19(1), 47-75.
- 전상인, 2011, 외생적 기업도시에서 협력적 기업도시로 - 포철과 포항의 관계를 중심으로, 한국지역개발학회 23(2), 1-17.
- 정기대, 2009, 개발도상국기업의 기술창출단계 기술혁신: 프로세스 기술개발 사례연구, 기술혁신학회지 12(1), 237-264.
- 최희운, 2002, 포항철강공단이 지역발전에 미치는 영향, 대구대학교 석사학위논문.
- 탁승문, 2006, 철강산업에서의 전략적 기술제휴의 진화와 특징, POSRI 경연연구 6(1), 5-43.
- 특허청, 2009, 국제특허분류.
- 포스콘, 2009, 포스콘 30년사: 기술에 대한 열정과 도전 1979-2009.
- 한국개발연구원, 2010, 시장구조조사, 공정거래위원회.
- 한국기계연구원, 2008, 철강분야 특허동향, 지식경제부 소재정보은행(MATIS).
- 한국산업기술재단, 2007, 5차 산업기술로드맵 - 철강 분야, 산업자원부.
- 한국산업기술진흥원, 2009, 산업원천기술로드맵 - 금속소재, 지식경제부.
- 한국산업기술평가관리원, 2011, 소재산업 Value Chain 분석 및 기술수준조사.
- 한국신용평가, 2014, 2014 Industry Risk Rating: 철강.
- 한국철강산업, 2007, 한국 철강산업의 현황과 과제.
- 한국철강신문, 2008a, 기초철강지식.
- 한국철강신문, 2008b, 중금철강지식.



- 한국철강협회, 산업연구원, 2006, 철강산업(철근, 형강류) 경쟁력 조사, 무역위원회.
- 현대제철, 2006, TKS 기술협력 계약 관련 참고자료.
- 한래희, 1999, 한국 철강산업의 통상 현안과 쟁점, 법무처 26, 142-161.
- Albino, V., Garavelli, C., Schiuma, G., 1999, Knowledge transfer and inter-firm relationships in industrial districts: the role of the leader firm, *Technovation* 19, 53-63.
- Autant-Bernard, C., Billand, P., Frachisse, D., Massard, N., 2007, Social distance versus spatial distance in R&D cooperation: Empirical evidence from European collaboration choices in micro and nanotechnologies, *Papers in Regional Science* 86(3), 495-519.
- Balland, P-A., Suire, R., Vicente, J., 2011, How do Clusters/Pipelines and Core/Periphery Structures Work Together in Knowledge Processes?, *Papers in Evolutionary Economic Geography*.
- Balland, P-A., Belso-Martinez, J. A., Morrison, A., 2014, The Dynamics of technical and business networks in industrial clusters: Embeddedness, status or proximity?, *Papers in Evolutionary Economic Geography*.
- Bathelt, H., Malmberg, A., Maskell, P., 2004, Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation, *Progress in Human Geography* 28(1), 31-56.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., Johnson, J. C., 2013, *Analyzing Social Networks*, London: SAGE Publications Inc.
- Boschma, R. A., 2005, Proximity and innovation: A critical assessment, *Regional Studies* 39, 61-74.
- Boschma, R. A., Frenken, K., 2010, The spatial evolution of innovation networks: A proximity perspective, in *The Handbook of Evolutionary Economic Geography*, edited by Boschma, R. A., Martin, R., Cheltenham: Edward Elgar, 120-135.
- Breschi, S., Lissoni, F., 2003, Mobility and social networks: localised knowledge spillovers revisited, *CESPRI Working Paper* 142.

- Breschi, S., Lissoni, F., 2009, Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows, *Journal of Economic Geography* 9, 439-468.
- Breschi, S., Lissoni, F., Malferba, F., 2003, Knowledge-relatedness in Firm Technological diversification, *Research Policy* 32, 69-87.
- Broekel, T., 2012, The co-evolution of proximities – a network level study, *Papers in Evolutionary Economic Geography* 12.17.
- Broekel, T., Balland, P-A, Burger, M., van Oort, F., 2014, Modeling Knowledge networks in Economic Geography: A discussion of Four methods, *Annals of Regional Science*, DOI:DOI: 10.1007/s00168-014-0616-2.
- Broekel, T., Boschma, R., 2012, Knowledge networks in the Dutch aviation industry – the proximity paradox, *Journal of Economic Geography* 12(2), 409-433.
- Burt, R. S., 2002, The social capital of structural holes, in *The New Economic Sociology*, edited by Guillen, M. F. et al., New York: Russell Sage Foundation, 148-192.
- Cantner, U., Meder, A., 2007, Technological proximity and the choice of cooperation partner, *Journal of Economic Interaction and coordination* 2(1), 45-65.
- Cassi, L., Plunket, A., 2010, The determinants of co-inventor tie formation: proximity and network dynamics, *Papers in Evolutionary Economic Geography*.
- Cassi, L., Plunket, A., 2014, Proximity, network formation and inventive performance: in search of the proximity paradox, *The Annals of Regional Science* 53(2), 395-422.
- Collinson, S., 1999, Knowledge managemnet capabilities for steel makers: A british-Japanese Corporate Alliance for organizational learning, *Technology Analysis and Strategic Management* 11(3), 337-358.
- Dekker, D., Krackhardt, D., Snijders, T. A. B., 2007, Sensitivity of MRQAP Tests to Collinearity and Autocorrelation Conditions, *Psychometrika* 72, 564-581.
- Dicken, P., Thrift, N., 1992, The organization of production and the production of

- organization: Why business enterprises matter in the study of geographical industrialization, *Transactions of the Institute of British Geographers* 17, 279-291.
- Ernst, H., 2003, Patent information for strategic technology management, *World Patent Information* 25(3), 233-242.
- Fontana, R., Nuvolari, A., Verspagen, B., 2009, Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards, *Economics of Innovation and New Technology* 18(4), 311-336.
- Gay, B., Dousset, B., 2005, Innovation and network structural dynamics: Study of the alliance network of a major sector of the biotechnology industry, *Research Policy* 34, 1457-1475.
- Gertler, M. S., 1995, "Being There": proximity, organization, and culture in the development and adoption of advanced manufacturing technologies, *Economic Geography* 71(1), 1-26.
- Giuliani, E., 2007, The selective nature of knowledge networks in clusters: evidence from the wind industry, *Journal of Economic Geography* 7, 139-168.
- Glückler, J., 2007, Economic geography and the evolution of networks, *Journal of Economic Geography* 7, 619-634.
- Glückler, J., 2010, The evolution of a strategic alliance network: exploring the case of stock photography, in *The Handbook of Evolutionary Economic Geography*, Edited by Boschma, R. and Martin, R., Cheltenham: Edward Elgar, 298-315.
- Grabher, G., 1993, Rediscovering the social in the economics of interfirm relations, in *The Embedded Firm: On the socioeconomics of industrial networks*, Edited by Gernot Grabher, 1-31.
- Grabher, G., 2006, Trading routes, bypasses, and risky intersections: Mapping the travels of "networks" between economic sociology and economic geography, *Progress in Human Geography* 30, 163-189.
- Heringa, P. W., Horlings, E., van der Zouwen, M., van den Besselaar, P., van Vierssen, W., 2014, How do dimensions of proximity relate to the outcomes of

- collaboration? A survey of knowledge-intensive networks in the Dutch water sector, *Economics of Innovation and New Technology* 23(7), 689-716.
- Hoekman, J., Frenken, K., van Oort, F., 2009, The geography of collaborative knowledge production in Europe, *Annals of Regional Science* 43, 721-738.
- Jaffe, A. B., 1989, Real effects of academic research, *The American Economic Review* 79(5), 957-970.
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M., Henderson, R., 1993, Geographic Localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations, *The Quarterly Journal of Economics* 108(3), 577-598.
- Kauffeld-Monz, M., Fritsch, M., 2013, Who are the knowledge brokers in regional systems of innovation? a multi-actor network analysis, *Regional Studies* 47(5), 669-685.
- Koka, B. R., Prescott, J. E., 2008, Designing alliance networks: The influence of network position, environmental change, and strategy on firm performance, *Strategic Management Journal* 29, 639-661.
- Lazaric, N., Mangolte, P-A., Massue, M-L., 2003, Articulation and codification of collective know-how in the steel industry: evidence from blast furnace control in France, *Research Policy* 32, 1829-1847.
- Marijtje, A. J., van Duijn, Huisman, M., 2011, Statistical Models for Ties and Actors, in *The SAGE handbook of Social Network Analysis*, Edited by Scott, J., Carrington, P., J.
- Misa, T. J., 1995, *A Nation of Steel: The making of modern America*, 1865-1925, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Moodysson, J., 2008, Principles and Practices of Knowledge Creation: On the Organization of “Buzz” and “Pipelines” in Life Science Communities, *Economic Geography* 84(4), 449-469.
- Mowery, D. C., Oxley, J. E., Silverman, B. S., 1998, Technological overlap and interfirm cooperation: implications for the resource based view of the firm, *Research Policy* 27, 507-523.

- Nooteboom, B., 1999, *Inter-firm alliances: analysis and design*, London: Routledge.
- Nooteboom, B., Haverbeke, W. Va., Duysters, G., Silsing, V., van den Oord, A., 2007, Optimal cognitive distance and absorptive capacity, *Policy Research* 36(7), 1016-1034.
- Oerlemans, L. A. G., Meeus, M. T. H., 2005, Do Organizational and Spatial Proximity Impact on Firm Performance?, *Regional Studies* 39(1), 89-104.
- Philippen, S. M. W., 2008, *come close and co-create: proximities in pharmaceutical innovation networks*, Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Ponds, R., van Oort, F. G., Frenken, K., 2007, The geographical and institutional proximity of research collaboration, *Papers in Regional Science* 86, 423-444.
- Ribeiro, R., 2007, The role of interactional expertise in interpreting: the case of technology transfer in the steel industry, *Studies in History and Philosophy of Science* 38, 713-721.
- Roijakkers, N., Hagedoorn, J., 2006, Inter-firm R&D partnering in pharmaceutical biotechnology since 1975: Trends, patterns, and networks, *Research Policy* 35, 431-446.
- Rowley, T., Behrens, D., Krackhardt, D., 2000, Redundant governance structures: an analysis of structural and relational embeddedness in the steel and semiconductor industries, *Strategic Management Journal* 21, 369-386.
- Song, J., Almeida, P., Wu, G., 2003, Learning-by-Hiring: When is mobility more likely to facilitate interfirm knowledge transfer?, *Management Science* 49(4), 351-365.
- Sonn, J. W., Storper, M., 2008, The increasing importance of geographical proximity in knowledge production: an analysis of US patent citations, 1975-1997, *Environment and Planning A* 40, 1020-1039.
- Stroud, D., Fairbrother, P., 2006, Workplace learning: dilemmas for the European steel industry, *Journal of Education and Work* 19(5), 455-480.
- Ter Wal, A. L. J., 2013, Cluster Emergence and Network Evolution: A Longitudinal

- Analysis of the Inventor Network in Sophia-Antipolis, *Regional Studies* 47(5), 651-668.
- Ter Wal, A. L. J., 2014, The dynamics of the inventor network in German biotechnology: geographic proximity versus triadic closure, *Journal of Economic Geography* 14, 589-620.
- Ter Wal, A. L. J., Boschma, R., 2009, Applying Social Network Analysis in Economic Geography: Framing some key analytical issues, *Annals of Regional Science* 43, 739-756.
- Torre, A., Rallet, A., 2005, Proximity and localization, *Regional Studies* 39(1), 47-59.
- Uzzi, B., 1997, Social structure and competition in interfirm networks: the paradox of embeddedness, *Administrative Science Quarterly* 42, 35-67.
- Walsh, D. J., 1994, *On Different Planes: An organizational analysis of cooperation and conflict among airline unions*, NY: Cornell University, 180-181.
- Watts, D. J., Strogatz, S. H., 1998, Collective dynamics of ‘small-world’ networks, *Nature* 393, 440-442.
- Yeung, 1994, Critical reviews of geographical perspectives on business organization and the organization of production: towards a network approach, *Progress in Human Geography* 18(4), 460-490.
- Yeung, H-W., 2008, Perspective on inter-organizational relations in Economic Geography, in *The Oxford Handbook of Inter-Organizational Relations*, Edited by Cropper, S., Oxford Handbooks Online.
- 국가과학기술정보센터 [patent.ndsl.kr](http://patent.ndsl.kr)
- 금융감독원 전자공시시스템 [dart.fss.or.kr](http://dart.fss.or.kr)
- 스틸데일리 [www.steeldaily.co.kr](http://www.steeldaily.co.kr)
- 한국철강신문 [www.snmnews.com](http://www.snmnews.com)
- NICE평가정보 [www.kisreport.com](http://www.kisreport.com)
- Worldsteel Association [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org)

〈부록 A〉 특허 출원 빈도 상위 20개 IPC 3-digit 코드 상세 내용

코드명	내용
c21d	철계금속의 물리적구조의 개량. 철계 또는 비철계금속 또는 합금의 열처리를 위한 일반적 장치. 탈탄, 소려 또는 타 처리에 의한 금속의 가단화.
c22c	합금
c21c	선철의 처리, 예. 정제, 연철 또는 강의 제조. 철계 합금의 용융상태에서의 처리.
c21b	철 또는 강의 제조.
c22b	금속의 제조 또는 정제. 원료의 예비처리.
b21b	금속의 압연.
c23c	금속재료의 피복. 금속 피복재료. 표면 확산, 화학적 전환 또는 치환에 의한 금속재료의 표면처리. 진공증착, 스퍼터링, 이온주입 또는 화학증착에 의한 피복, 일반.
f27b	노, 킬른, 가마, 레토르트일반; 개방식 소결용 또는 유사한 장치.
b22d	금속의 주조. 동일방법과 장치에 의한 타물질의 주조. 플라스틱 또는 가소성 상태의 물질의 성형. 야금방법, 금속에의 첨가제의 선정.
c25d	전기분해 또는 전기영동에 의한 피복방법; 전주. 전해에 의한 제품의 접합; 그것을 위한 장치.
b21d	본질적으로는 재료의 제거 없이 금속판, 금속관, 금속봉 또는 금속외형(Profiles)의 가공 또는 공정; 펀칭(Punching).
f27d	노의 1종류 이상에서 볼 수 있는 것에 있어서의 노, 킬른, 오븐 또는 레토르트의 세부 또는 부속품.
b21c	압연 이외의 방법에 의한 금속판, 선, 봉, 관, 프로파일 의 제조 또는 기타 반제품. 본질적으로 재료를 제거하지 아니하는 금속가공과 관련해서 사용하는 보조조작.
b23k	납땜. 또는 비납땜. 용접; 납땜 또는 용접에 의하여 클래딩(clading) 또는 피복; 국부 가열에 의한 절단, 예. 화염 절단. 레이저 빔에 의한 가공.
c22f	비철금속 또는 비철합금의 물리적 구조의 변화.
g01n	재료의 화학적 또는 물리적 성질의 검출에 의한 재료의 조사 또는 분석.
c09d	피복 조성물, 예. 페인트, 바니시, 락카. 퍼티. 화학도료 또는 잉크 제거제. 잉크. 수정액. 목재용착색제. 그 물질의 사용. 페이스트 또는 고형의 착색료 또는 날염료.
g01b	길이, 두께 또는 유사한 직선치의 측정; 각도의 측정. 면적의 측정. 표면 또는 윤곽의 불규칙성 측정.
h01f	자석. 인덕턴스. 변성기. 자기특성에 의한 재료의 선택.

\*주: 특허청(2009)

<부록 B> LR-QAP 모형 변수 간 상관관계 분석표

[표] 상관계수표(2003년)

	copatent	patent -size	tech	tech <sup>2</sup>	org -form	org -group	org -equity	org -nonequity	org -lockin	geo	geo <sup>2</sup>
copatent											
patent-size	0.576***										
tech	0.13***	0.042									
tech <sup>2</sup>	-0.035	-0.114***	0.674***								
org-form	-0.001	0.068	0.015	-0.032							
org-group	0.313***	0.134**	0.11***	0.041	0.022						
org-equity	0.188***	0.161***	0.122***	-0.001	-0.003	-0.044					
org-nonequity	0.164**	0.194***	0.083**	-0.06**	-0.007	-0.046	0.394				
org-lockin	-0.103	-0.091	0.033	-0.022	0.104*	-0.045	-0.107***	-0.121***			
geo	-0.144	-0.082	-0.016	-0.027	0.01	-0.215	-0.039	0.169***	0.173***		
geo <sup>2</sup>	0.068*	0.036	0.046	0.01	0.079*	0.179	0.119***	0.029	0.215***	-0.032	

[표] 상관계수표(2013년)

	copatent	patent -size	tech	tech <sup>2</sup>	org -form	org -group	org -equity	org -nonequity	org -lockin	geo	geo <sup>2</sup>
copatent											
patent-size	0.410***										
tech	0.107***	0.016									
tech <sup>2</sup>	0.045**	-0.102***	0.542***								
org-form	-0.036*	-0.017	-0.019	0.093***							
org-group	0.289***	0.109***	0.096***	0.029*	0.021						
org-equity	0.087***	0.109**	0.062***	-0.01	0.012	-0.02					
org-nonequity	0.106***	0.082**	0.077***	-0.013	0.014	-0.017	0.362***				
org-lockin	-0.032*	-0.017	0.029	0.001	0.025	-0.023	-0.034	-0.028			
geo	-0.14***	-0.159***	0.033	0.002	-0.009	-0.152***	-0.025	0.028	0.082**		
geo <sup>2</sup>	0.107**	0.097**	0.114***	0.034	0.027	0.149***	0.141**	0.072**	0.111***	-0.144***	

\*주: p-value: <0.1(\*), <0.05(\*\*), <0.01(\*\*\*)



## Abstract

### The Formation and dynamics of Korea Steel Industry Technological knowledge network

Park, Sohyun  
Department of Geography  
Graduate School  
Seoul National University

The study begins with the fact that continuous and vigorous technological knowledge activities are taking place in Korea steel industry contrast to the common perception that it is mature and stable. By considering the formation of Technological knowledge network in the relation between actors and in the structural aspects of the industry, the study intended to complement existing studies which focused on a particular region or a certain company. An empirical investigation tests the mechanism of network's link formation using co-patent data from 1988 to 2013 based upon the concepts of technological, organizational, and geographical proximity. The results are as follows.

First, Korea steel industry had undergone change in terms of technological advancement, organizational arrangement, and geographical base.

Second, the formation of technological knowledge network of Korea steel industry whose main network is strong hub-and-spoke structure especially reflects inter-firm relations in the industry such as hierarchy, competition, and alliance. According to the community analysis, while central actors of

each communities, which are conglomerates or research institutes, also performed as brokers, exceptionally some small companies' brokering role was detected. The dynamics imply how POSCO in Pohang's technological knowledge would be transferred to HYUNDAI in Dangjin's new blast furnace that is not only by hiring experts and licensing but also by brokering knowledge through small companies.

Third, the LR-QAP model determined the impact of technological, organizational, and geographical proximity on interactive learning and innovation, that is network link formation. By testing inverted-U shape relations, the model found the linear relations between link formation and each of technological and geographical proximity, and there found the wave-like relation between link formation and organizational proximity. It does not mean proximity always makes positive influence on interactive learning, but reflects Korea steel industry's hierarchical and conglomerate-centric nature.

The study contributes to the diversification of innovation studies by dealing with the mature industry, and of geographical change in national scale. In terms of methodologies, the study developed sophisticated LR-QAP model so that it could discuss organizational proximity in depth without additional endogenous network variable.

Key Words: steel industry, proximity, inter-firm relation, inverted-U shape, network, community analysis, QAP

Student Number: 2013-20111